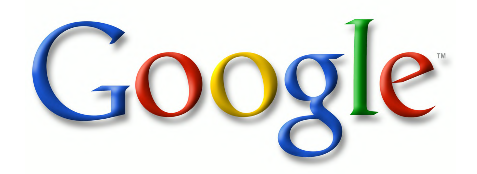



A 3 9015 00387 210 1
University of Michigan – BUHR

Lehrbuch
der
Maschinenkunde

nach einem neuen umfassendern Plane,

und

ohne Voraussetzung höherer analytischer Kenntnisse,

hauptsächlich

für

angehende Kameralisten, Oekonomen, Baumeister und jeden Liebhaber der Mechanik bearbeitet

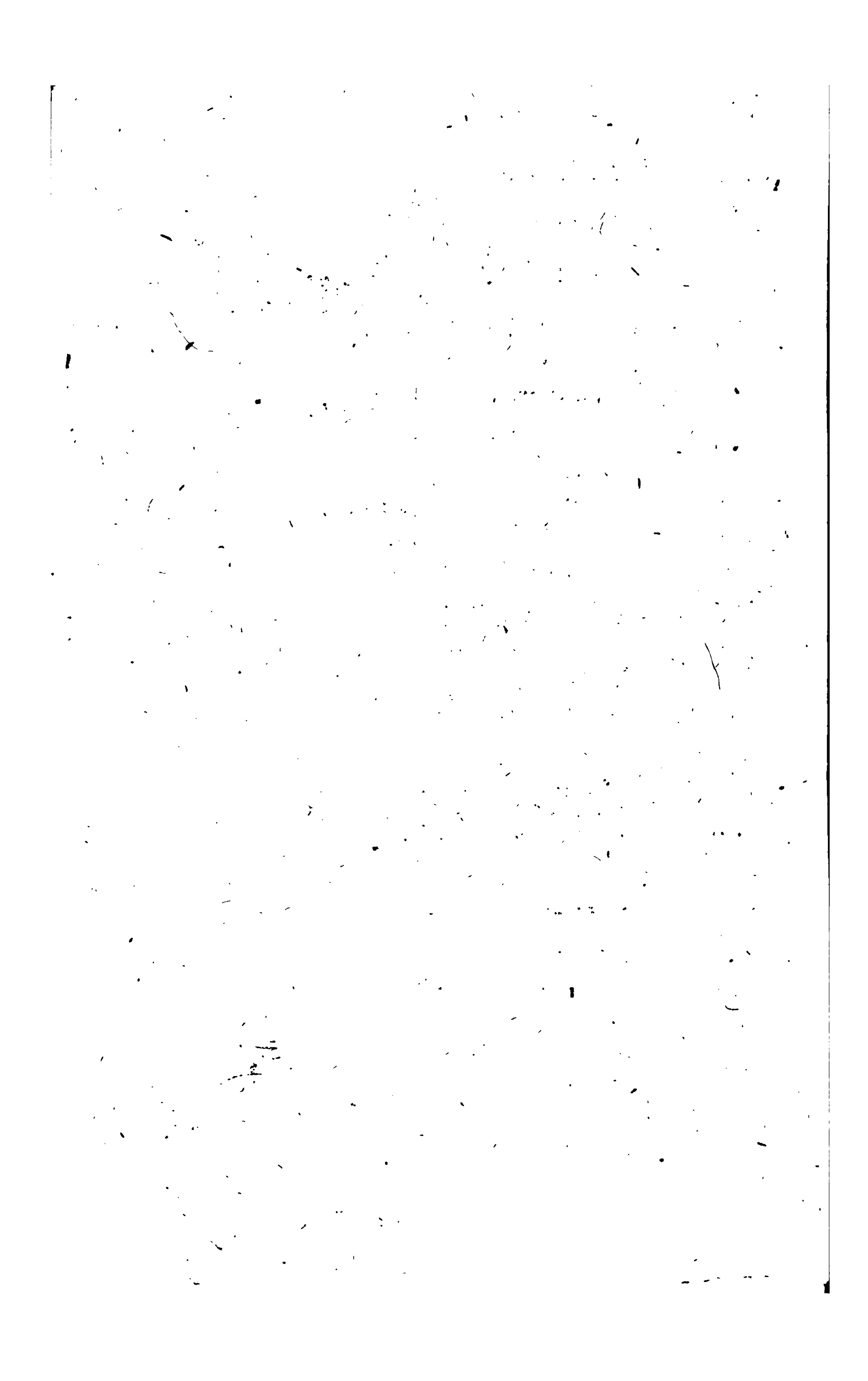
von

D. Johann Heinrich Moritz Poppe,

ordentlichem Professor der Technologie auf der Königl. Würtembergischen Universität zu Tübingen, Hofrath und mehrerer gelehrten Gesellschaften theils ordentlichem, theils correspondirendem, theils Ehren-Mitgliede.

Mit 6 Steintafeln.

Tübingen,
bey C. F. Osiander.
1821.



Seinem verehrten Freunde und Landsmann

Herrn

D. Johann Georg Ludolph Blumhof

Großherzogl. Hessischem Hofkammerrath und
Professor zu Gießen

widmet

dieses Lehrbuch der Maschinenkunde
als ein Zeichen seiner innigen Verehrung
und Freundschaft

der Verfasser.

Vorrede.

Unter den mir bekannten Werken über Maschinenlehre und Mechanik überhaupt, fand ich keines, das, bey dem gehörigen Umfange der Materie, für solche angehende Kameralisten und andere Studirende, sowie für solche Liebhaber der Mechanik brauchbar wäre, die nicht mehr, als blos die Elemente der reinen Mathematik verstehen. Manche von diesen Werken fassen nur die Hauptgrundlehren der Mechanik zusammen

und handeln die Maschinen selbst, und zwar gewöhnlich nur die am meisten vorkommenden, kurz ab; andere sind zwar über einzelne Maschinen, besonders in Hinsicht der Theorie derselben, ausführlich; aber diese sind es vorzüglich, welche von jenen Anfängern nicht verstanden werden, zumal wenn sie viele Formeln enthalten, welche den die nöthigen Vorkenntnisse nicht besitzenden Leser abschrecken.

Dem Manne vom Fach ist es freylich bekannt, daß die Maschinenlehre ohne höhere analytische Kenntnisse, besonders Differenzial- und Integralrechnung, nicht durchgängig gründlich studirt werden kann. Indessen möchten doch so viele Kenntnisse aus der Elementar-Mathematik, als ich voraussetze, hinreichen, um sich wenigstens sehr brauchbare Kenntnisse in der Maschinenkunde zu erwerben.

Ich hoffe daher, daß das vorliegende Lehrbuch, welches keine höhere analytische Kenntnisse voraussetzt, manchem nützlich seyn werde und besonders auch zu einer zweckmäßigen Vorbereitung für diejenigen dienen könne, welche Lust haben, hernach weiter zu gehen. Die Erfahrung hat es mir bewiesen, daß ein Unterricht auf die Art, wie das Lehrbuch ihn darstellt, bey manchem erst die Neigung erweckt hat, sich mit den verschiedenen Theorien der Maschinenlehre genauer bekannt zu machen und in der Mathematik weiter fortzuschreiten, um die Werke des du Buat, des Bossut, des Langsdorf u. a. verstehen zu lernen. Diejenigen, welche eine solche Neigung nicht bekamen, oder die sonst verhindert wurden, die Maschinenlehre weiter zu studiren, erlangten doch immer durch obigen Unterricht eine Summe von Einsichten, die ihnen in ihrem Wirkungskreise recht zu statten kam. —

Wer würde es mir auch wohl absprechen können, daß zu seiner Zeit z. B. die Schriften von Mönnich und von Horwath, welche eine ähnliche Tendenz wie das vorliegende Lehrbuch hatten, ja selbst die noch viel weniger voraussetzenden mechanischen Werke von Eberhard und von Büsch manche nützliche Kenntnisse verbreitet haben?

Allerdings sind die Klagen, welche man so oft hört, gerecht, daß die mathematischen Kenntnisse selbst von solchen vernachläßigt werden, denen sie durchaus nicht mangeln sollten. Man muß froh seyn, wenn man nur gründliche Kenntnisse der Elementar-Mathematik findet. Vielen fehlt selbst dazu, wo nicht das Talent, doch die Lust und Ausdauer. Freylich sind an einer solchen Vernachläßigung des mathematischen Studiums nicht selten die Lehrer selbst Schuld. Oft

fehlt den berühmtesten Gelehrten die Gabe der deutlichen Mittheilung und oft fehlen diese Männer in der Methode des Unterrichts. Zuweilen hält sich der Lehrer bey den leichtesten Sätzen zu lange auf; bey andern schwerern verweilt er zu kurze Zeit. Nicht selten überspringt er manches, was einer größern Erläuterung bedurft hätte.

Daß ich mein Buch, welches ich auf unserer Universität bey meinem mündlichen Vortrage über Maschinenlehre zum Grunde lege, nach einem erweiterten Plane ausgearbeitet und manches aufgenommen habe, was andere ähnliche Werke über Maschinenkunde nicht enthalten, z. B. die Fuhrwerke und Uhrwerke (deren Kenntnisse nicht blos dem Staatsbeamten, sondern auch jedem andern sehr wichtig sind) und daß ich zugleich eine eigne Ordnung mit den abgehandelten Gegenständen beobachtet habe, ersieht man schon

aus dem Inhalte des Buchs. Die unter jedem Abschnitte beygebrachte Literatur möchte wohl für diejenigen hinreichend seyn, welche die Maschinenlehre für sich weiter studiren wollen.

Tübingen,
im April 1821.

J. H. M. Poppe.

Inhalt.

Erster Theil.

Vorbereitende Lehren zur Maschinenkunde.

Zweyter Theil.

Die eigentliche Maschinenlehre.

Zweyter Theil.

Die eigentliche Maschinenlehre.

Erster Theil.
Vorbereitende Lehren zur Maschinenkunde.

Erster Abschnitt.
Einleitung in die Maschinenlehre überhaupt.

§. 1.

Maschinen nennen wir alle die künstlichen Vorrichtungen, durch welche sich Bewegungen mit Vortheil hervorbringen, unterhalten und nach bestimmten Richtungen hin verpflanzen lassen. Durch Maschinen wissen wir die große Zahl von Naturkörpern, welche unsere Erde liefert, zum Vortheil des Lebens und zur Erleichterung gar vielfacher menschlicher Beschäftigungen anzuwenden. So dienen manche Maschinen, Körper mit Kraft- und Zeitersparniß zu irgend einem Zweck von einer Stelle zur andern zu bewegen, seitwärts, aufwärts und niederwärts; andere dienen, Körper in einen neuen Zustand zu versetzen, sie z. B. zu zerkleinern, ihnen eine bestimmte Form zu geben 2c., um sie zu veredeln oder zu irgend einer Veredlung vorzubereiten; wieder durch andere sucht man zu einem nützlichen Behuf blos einen starken Druck hervorzubringen; endlich noch bey andern bringt man eine gleichförmige zur Zeitbestimmung nothwendige Bewegung hervor.

Die Maschinenlehre oder Maschinenkunde giebt Kenntniß von den Bewegungs-Gesetzen der Maschinen, wenigstens der nutzbarsten und gebräuchlichsten im Leben; sie zeigt die aus jenen Gesetzen entspringenden vortheilhaftesten Einrichtungen für alle Arten von Kräften; sie lehrt Maschinen gehörig beurtheilen, auch für die Ausübung brauchbar berechnen, giebt Anleitung neue Maschinen zu irgend einem Gebrauch vortheilhaft zu erfinden, neu erfundene zu prüfen, zu verbessern, u. d. gl. Ihr Nutzen für Kameralisten, Baumeister und andere Staatsbeamte ist daher unverkennbar.

§. 2.

Die verschiedenen Körper der Erde sind in Hinsicht ihrer Struktur, in Hinsicht der an ihnen wirksamen Kräfte oder ihres Vermögens gewisse Effekte auszuüben und ihrer sonstigen Eigenschaften oft unendlich verschieden. Jeder Körper besteht aus materiellen Theilchen, die mit gar verschiedener Stärke an einander hängen. Bey den sogenannten festen Körpern, deren es wieder unzählig viele Arten giebt, erfordert die Trennung der Theilchen immer eine merkliche Kraft oder Gewalt; auch lassen sich die Theilchen dieser Körper nicht so an einander verschieben, daß nach dem Verschieben noch ein Zusammenhang unter ihnen bliebe. Bey den flüssigen Körpern hingegen lassen sich die Theilchen mit einer sehr geringen Kraft entweder blos an einander verschieben oder von einander absondern; schon durch bloßes Anliegen an Wänden wird die Gestalt des flüssigen Körpers abgeändert, z. B. in Gefäßen nimmt jeder flüssige Körper die innere Gestalt des Gefäßes selbst an. Die untern Theilchen jedes flüssigen Körpers weichen,

wenn sie von den obern niedergedrückt werden, dem Drucke sehr leicht und bewegen sich dann nach derjenigen Richtung hin, nach welcher sie den kleinsten Widerstand finden. Hieraus folgt wohl, daß die untern Theile eines flüssigen Körpers von den obern Theilen nicht nur unterwärts, sondern zugleich auch nach allen übrigen Richtungen hingedrückt werden.

Man theilt alle flüssige Körper oder Flüssigkeiten in tropfbare (liquide, sogenannte unelastische) Flüssigkeiten, und in elastische Flüssigkeiten ein. Zu den tropfbaren Flüssigkeiten, denen man ehedem alle Elasticität (oder Schnellkraft, Springkraft) absprach, obgleich sie doch immer noch einen, wenn auch geringen, Grad von Elasticität besitzen, gehört vorzüglich das Wasser. Die elastischen Füssigkeiten aber, welche sich durch einen hohen Grad von Elasticität auszeichnen, d. h. welche in einen bedeutend geringern Raum zusammengepreßt werden können und bey Nachlassung der pressenden Gewalt sogleich von selbst wieder in ihren vorigen Raum zurückspringen, theilt man in dampfförmige Flüssigkeiten und in luftförmige (permanent elastische) Flüssigkeiten ein. Die dampfförmigen Flüssigkeiten oder Dämpfe kann man wieder in Tropfen verwandeln, folglich in den sogenannten unelastischen Zustand versetzen; die luftförmigen Flüssigkeiten hingegen (z. B. unsere atmosphärische Luft) lassen sich auf keinen Fall als Tropfen darstellen.

§. 3.

Die Theilchen der Körper, der festen sowohl, als der flüssigen, liegen nicht so nahe an einander, daß

jeder Punkt im Raume des Körpers von der eigenthümlichen Materie des Körpers erfüllt wäre; vielmehr hat der Körper auch leere Zwischenräume, **Poren**, worin von der eigenthümlichen Materie des Körpers nichts zu finden ist. Je kleiner die Poren des Körpers sind, oder je näher die Theilchen des Körpers an einander liegen, desto **dichter** ist der Körper. So ist Gold dichter als Bley, Bley dichter als Eisen, Eisen dichter als Holz, Quecksilber dichter als Wasser, Wasser dichter als Luft, u. s. w.

§. 4.

Jeder Körper hat das Bestreben, sich nach dem Mittelpunkte der Erde hin zu bewegen. Dies Bestreben wird **Schwere** genannt. Daher **fällt** jeder zur Erde gehörende Körper zur Erde herab, wenn er über der Oberfläche derselben sich frey überlassen bleibt; oder er **spannt** einen Faden senkrecht, wenn er daran hängt; oder er übt einen **Druck** auf diejenige Masse aus, worauf er liegt. Jedes Theilchen eines Körpers wird gleich stark von der Schwere afficirt, daher fällt **ein** Theilchen so schnell, als eine große Summe von Theilchen, daher fällt ein lockerer Körper so schnell als ein dichter (z. B. eine Goldkugel so schnell, als eine Korkkugel oder als eine Pflaumfeder), vorausgesetzt, daß dem Fallen der Körper kein Hinderniß (z. B. keine Luft) in den Weg tritt. Dies drückt man so aus: alle Körper und Körpertheilchen sind **gleich schwer**.

Sie sind aber nicht von gleichem **Gewicht**. Unter **Gewicht** versteht man nämlich den Druck, den ein Körper auf irgend eine Unterlage oder auf eine haltende Masse ausübt. Dieser Druck beruht natürlich auf der

Summe der drückenden Theilchen (der Theilchen, welche mit gleicher Geschwindigkeit fallen wollen). Ist die Summe dieser Theilchen größer, so ist auch der Druck oder das Gewicht größer. Daher hat ein Pfund ein größeres Gewicht, als ein Loth; ein Centner ein größeres Gewicht, als ein Pfund rc., wenn auch alle zusammen gleich schwer sind, d. h. von einer gewissen Höhe in einerley Zeit, oder in einer gewissen Zeit von gleicher Höhe herabfallen würden. — Betrachtet man das Gewicht verschiedener Körper unter einerley Raumesinhalte, so bekommt man das Verhältniß ihrer eigenthümlichen oder specifischen Gewichte.

§. 5.

Bey Körper, deren Theilchen fest an einander hängen, hauptsächlich bey festen Körpern, brauchen nicht alle Theilchen unterstützt, oder auch von oben gehalten zu seyn, um das Fallen oder Umsinken solcher Körper zu verhindern. Man braucht nur einige Theilchen oder auch nur ein Theilchen an einem gewissen Punkte zu unterstützen oder von oben zu halten, wenn der Körper nach keiner Seite zu fallen oder umsinken soll. Man nennt diesen Punkt Schwerpunkt oder Mittelpunkt der Schwere (Centrum gravitatis); in ihm kann man sich das ganze Gewicht des Körpers vereinigt gedenken. Seine Unterstützung bewirkt das Stehen der Körper. Ist der Schwerpunkt eines Körpers nicht unterstützt, so muß der Körper fallen.

Ein Perpendikel von dem Schwerpunkte eines Körpers herabgelassen oder aufgerichtet, wird Richtungslinie (Directionslinie) der Schwere genannt.

Erster Theil.
Vorbereitende Lehren zur Maschinenkunde.

Erster Abschnitt.
Einleitung in die Maschinenlehre überhaupt.

§. 1.

Maschinen nennen wir alle die künstlichen Vorrichtungen, durch welche sich Bewegungen mit Vortheil hervorbringen, unterhalten und nach bestimmten Richtungen hin verpflanzen lassen. Durch Maschinen wissen wir die große Zahl von Naturkörpern, welche unsere Erde liefert, zum Vortheil des Lebens und zur Erleichterung gar vielfacher menschlicher Beschäftigungen anzuwenden. So dienen manche Maschinen, Körper mit Kraft- und Zeitersparniß zu irgend einem Zweck von einer Stelle zur andern zu bewegen, seitwärts, aufwärts und niederwärts; andere dienen, Körper in einen neuen Zustand zu versetzen, sie z. B. zu zerkleinern, ihnen eine bestimmte Form zu geben ꝛc., um sie zu veredeln oder zu irgend einer Veredlung vorzubereiten; wieder durch andere sucht man zu einem nützlichen Behuf blos einen starken Druck hervorzubringen; endlich noch bey andern bringt man eine gleichförmige zur Zeitbestimmung nothwendige Bewegung hervor.

Die Maschinenlehre oder Maschinenkunde giebt Kenntniß von den Bewegungs-Gesetzen der Maschinen, wenigstens der nutzbarsten und gebräuchlichsten im Leben; sie zeigt die aus jenen Gesetzen entspringenden vortheilhaftesten Einrichtungen für alle Arten von Kräften; sie lehrt Maschinen gehörig beurtheilen, auch für die Ausübung brauchbar berechnen, giebt Anleitung neue Maschinen zu irgend einem Gebrauch vortheilhaft zu erfinden, neu erfundene zu prüfen, zu verbessern; u. d. gl. Ihr Nutzen für Kameralisten, Baumeister und andere Staatsbeamte ist daher unverkennbar.

§. 2.

Die verschiedenen Körper der Erde sind in Hinsicht ihrer Struktur, in Hinsicht der an ihnen wirksamen Kräfte oder ihres Vermögens gewisse Effekte auszuüben und ihrer sonstigen Eigenschaften oft unendlich verschieden. Jeder Körper besteht aus materiellen Theilchen, die mit gar verschiedener Stärke an einander hängen. Bey den sogenannten festen Körpern, deren es wieder unzählig viele Arten giebt, erfordert die Trennung der Theilchen immer eine merkliche Kraft oder Gewalt; auch lassen sich die Theilchen dieser Körper nicht so an einander verschieben, daß nach dem Verschieben noch ein Zusammenhang unter ihnen bliebe. Bey den flüssigen Körpern hingegen lassen sich die Theilchen mit einer sehr geringen Kraft entweder blos an einander verschieben oder von einander absondern; schon durch bloßes Anliegen an Wänden wird die Gestalt des flüssigen Körpers abgeändert, z. B. in Gefäßen nimmt jeder flüssige Körper die innere Gestalt des Gefäßes selbst an. Die untern Theilchen jedes flüssigen Körpers weichen,

wenn sie von den obern niedergedrückt werden, dem Drucke sehr leicht und bewegen sich dann nach derjenigen Richtung hin, nach welcher sie den kleinsten Widerstand finden. Hieraus folgt wohl, daß die untern Theile eines flüssigen Körpers von den obern Theilen nicht nur unterwärts, sondern zugleich auch nach allen übrigen Richtungen hingedrückt werden.

Man theilt alle flüssige Körper oder Flüssigkeiten in tropfbare (liquide, sogenannte unelastische) Flüssigkeiten, und in elastische Flüssigkeiten ein. Zu den tropfbaren Flüssigkeiten, denen man ehedem alle Elasticität (oder Schnellkraft, Springkraft) absprach, obgleich sie doch immer noch einen, wenn auch geringen, Grad von Elasticität besitzen, gehört vorzüglich das Wasser. Die elastischen Füssigkeiten aber, welche sich durch einen hohen Grad von Elasticität auszeichnen, d. h. welche in einen bedeutend geringern Raum zusammengepreßt werden können und bey Nachlassung der pressenden Gewalt sogleich von selbst wieder in ihren vorigen Raum zurückspringen, theilt man in dampfförmige Flüssigkeiten und in luftförmige (permanent elastische) Flüssigkeiten ein. Die dampfförmigen Flüssigkeiten oder Dämpfe kann man wieder in Tropfen verwandeln, folglich in den sogenannten unelastischen Zustand versetzen; die luftförmigen Flüssigkeiten hingegen (z. B. unsere atmosphärische Luft) lassen sich auf keinen Fall als Tropfen darstellen.

§. 3.

Die Theilchen der Körper, der festen sowohl, als der flüssigen, liegen nicht so nahe an einander, daß

jeder Punkt im Raume des Körpers von der eigenthümlichen Materie des Körpers erfüllt wäre; vielmehr hat der Körper auch leere Zwischenräume, Poren, worin von der eigenthümlichen Materie des Körpers nichts zu finden ist. Je kleiner die Poren des Körpers sind, oder je näher die Theilchen des Körpers an einander liegen, desto dichter ist der Körper. So ist Gold dichter als Bley, Bley dichter als Eisen, Eisen dichter als Holz, Quecksilber dichter als Wasser, Wasser dichter als Luft, u. s. w.

§. 4.

Jeder Körper hat das Bestreben, sich nach dem Mittelpunkte der Erde hin zu bewegen. Dies Bestreben wird Schwere genannt. Daher fällt jeder zur Erde gehörende Körper zur Erde herab, wenn er über der Oberfläche derselben sich frey überlassen bleibt; oder er spannt einen Faden senkrecht, wenn er daran hängt; oder er übt einen Druck auf diejenige Masse aus, worauf er liegt. Jedes Theilchen eines Körpers wird gleich stark von der Schwere afficirt, daher fällt ein Theilchen so schnell, als eine große Summe von Theilchen, daher fällt ein lockerer Körper so schnell als ein dichter (z. B. eine Goldkugel so schnell, als eine Korkkugel oder als eine Pflaumfeder), vorausgesetzt, daß dem Fallen der Körper kein Hinderniß (z. B. keine Luft) in den Weg tritt. Dies drückt man so aus: alle Körper und Körpertheilchen sind gleich schwer.

Sie sind aber nicht von gleichem Gewicht. Unter Gewicht versteht man nämlich den Druck, den ein Körper auf irgend eine Unterlage oder auf eine haltende Masse ausübt. Dieser Druck beruht natürlich auf der

Summe der drückenden Theilchen (der Theilchen, welche mit gleicher Geschwindigkeit fallen wollen). Ist die Summe dieser Theilchen größer, so ist auch der Druck oder das Gewicht größer. Daher hat ein Pfund ein größeres Gewicht, als ein Loth; ein Centner ein größeres Gewicht, als ein Pfund ꝛc., wenn auch alle zusammen gleich schwer sind, d. h. von einer gewissen Höhe in einerley Zeit, oder in einer gewissen Zeit von gleicher Höhe herabfallen würden. — Betrachtet man das Gewicht verschiedener Körper unter einerley Raumesinhalte, so bekommt man das Verhältniß ihrer eigenthümlichen oder specifischen Gewichte.

§. 5.

Bey Körper, deren Theilchen fest an einander hängen, hauptsächlich bey festen Körpern, brauchen nicht alle Theilchen unterstützt, oder auch von oben gehalten zu seyn, um das Fallen oder Umsinken solcher Körper zu verhindern. Man braucht nur einige Theilchen oder auch nur ein Theilchen an einem gewissen Punkte zu unterstützen oder von oben zu halten, wenn der Körper nach keiner Seite zu fallen oder umsinken soll. Man nennt diesen Punkt Schwerpunkt oder Mittelpunkt der Schwere (Centrum gravitatis); in ihm kann man sich das ganze Gewicht des Körpers vereinigt gedenken. Seine Unterstützung bewirkt das Stehen der Körper. Ist der Schwerpunkt eines Körpers nicht unterstützt, so muß der Körper fallen.

Ein Perpendikel von dem Schwerpunkte eines Körpers herabgelassen oder aufgerichtet, wird Richtungslinie (Directionslinie) der Schwere genannt.

So lange diese Linie die Unterstützungsfläche oder den Aufhängungspunkt des Körpers trifft, so lange ist auch der Körper vor dem Umfallen oder Herabsinken gesichert. Ein Körper steht aber desto fester, oder fällt desto weniger leicht um, je weiter die Gränze der Unterstützungsfläche des Körpers von dem Punkte entfernt ist, wo die Richtungslinie der Schwere hintrifft; da er hingegen durch eine äußere Gewalt leicht zum Umsinken zu bringen ist, wenn die Directionslinie der Schwere nahe an die Gränze der Unterstützungsfläche fällt. Daher steht ein aus einer gleichartigen Materie zusammengesetzter Körper auf einer breitern Basis fester, als auf einer schmälern. Fällt ein Körper, so dauert dies Fallen so lange, bis sein Schwerpunkt wieder eine Unterstützung erhält.

Besteht ein Körper überall aus einer gleichartigen Materie, so fallen Mittelpunkt der Größe und Mittelpunkt der Schwere zusammen. Ist aber der Körper aus verschiedenartigen Materien componirt, so kann er seinen Schwerpunkt nur dann in der Mitte haben, wenn die verschiedenartigen Materien gleichförmig um ihn herum vertheilt sind. Im entgegengesetzten Falle muß der Schwerpunkt mehr nach derjenigen Gegend hin liegen, wo sich die specifisch schwerste Materie befindet.

§. 6.

Alle Körper sind undurchdringlich; d. h. denselben Raum, den schon ein Körper einnimmt, kann nicht zugleich ein anderer einnehmen. Soll ein Körper einen Raum einnehmen, den schon ein anderer erfüllt, so muß dieser erst aus dem Raume entfernt werden. So kann z. B. da kein Wasser seyn, wo Luft ist;

die Luft muß erst dem Wasser Platz machen, wenn das Wasser den Raum erfüllen soll, den sie einnimmt.

Jeder Körper, der durch irgend eine Kraft aus einer Stelle, die er einnimmt, entfernt werden soll, widersteht jener Kraft mit einer Gewalt, die unter sonst gleichen Umständen mit dem Gewicht des Körpers im Verhältniß sich befindet. Vermöge jener Gewalt weigert er sich gleichsam, den Zustand der Ruhe zu verlassen. Man nennt sie Trägheit. Diese Trägheit muß erst durch eine Kraft überwunden werden, welche groß genug ist, den Körper langsamer oder schneller aus der Stelle zu treiben.

Aber auch von selbst in Ruhe kommt der Körper nicht, wenn er sich einmal bewegt. Vermöge seiner Trägheit würde er sich nämlich ohne Ende fortbewegen, wenn ihn keine Kraft, die seine Bewegung entweder sogleich aufhält oder allmälig schwächt, in den Weg käme. Weil auf der Erde solche Kräfte stets da sind, so muß auch jeder Körper, den man aus der Ruhe in Bewegung gesetzt hat, doch immer, wenigstens nach und nach, wieder zur Ruhe kommen.

Beym Anfange der Bewegung jeder Maschine sieht man die Trägheit sehr deutlich; eben so auch bey plötzlicher Trennung der Kraft von den bewegten Theilen.

§. 7.

Alle Veränderungen in der Körperwelt lassen sich auf Bewegung zurückführen, und Kraft ist immer dasjenige, was Bewegung bewirkt und auch Bewegung hemmt. Bewegung entsteht immer, wenn eine Kraft die andere überwindet; alle Hemmung der Bewegung hingegen (Hineinbringen in den Zustand der Ruhe), wenn eine Kraft der andern mit gleicher Stärke entge-

genstrebt, d. h. ihr das Gleichgewicht hält. Die Gesetze des Gleichgewichts werden in derjenigen mechanischen Disciplin untersucht, welche Statik, die Gesetze der Bewegung hingegen in derjenigen, welche Mechanik, im engern Sinne, genannt wird. Je nachdem die Körper fest, tropfbar flüssig und elastisch flüssig sind, zertheilt man die Statik wieder in die Statik im engern Sinne, in die Hydrostatik und in die Aerostatik; die Mechanik aber in die Mechanik fester Körper, in die Hydraulik und in die Aeromechanik oder Pneumatik.

Die sogenannte höhere Mechanik (die Mechanik, wobey höhere Mathematik angewandt wird) zerfällt in die Dynamik, Hydrodynamik und Aerodynamik. Da die Lehre von den Dämpfen in der Maschinenlehre jetzt von so großer Wichtigkeit ist, so habe ich die Lehre von den Dämpfen als eine eigene mechanische Disciplin unter dem Namen Atmometrie aufgenommen.

Von den allgemeinern Werken über die mechanischen Lehren überhaupt und die Maschinenkunde insbesondere, führe ich hier an:

Mariotte, Traité du Mouvement des Eaux et des autres corps fluides. Paris 1686. 8.

Mariotte's Grundlehren der Hydrostatik und Hydraulik; übers. m. Anmerk. von J. C. Meinig. Leipzig 1723. 8.

J. Leupolds, Theatrum machinarum etc. 8 Bände. 1724 — 1727. Fol.

Machines et Inventions, approuvées par l'Acad. roy. des Sciences. 6 Tom. Paris 1735 — 1777. 4.

Sammlung nützlicher Maschinen und Instrumenten, nebst deren Erklärung; aus dem Französ., Englischen und andern Sprachen. Nürnberg. Fol. (ohne Jahrzahl).

Belidor, Architecture hydraulique. 4 Vol. Paris 1753. 4.

Belidors Architectura hydraulica, oder die Kunst, die Gewässer zu leiten rc. 2 Theile. Augsburg 1740 — 1771. Fol.

H. Calvör, Beschreibung des Maschinenwesens bey dem Bergwerke auf dem Oberharze. 2 Theile. Braunschweig 1763. Fol.

A. G. Kästners Anfangsgründe der höhern Mechanik ꝛc. Göttingen 1766. 8. Neue Aufl. 1793. 8.

A. G. Kästners Anfangsgründe der Hydrodynamik ꝛc. Göttingen 1769. Neue Aufl. 1797. 8.

W. J. G. Karsten, Lehrbegriff der gesammten Mathematik. 3r Theil. Greifswalde 1769. 8. Statik, Mechanik, Hydrostatik, und Aerostatik. — 4r Theil. Weitere Ausführung der Mechanik ꝛc. — 5r Theil. 1770. Hydraulik. — 6r Theil. Fortſ. d. Hydraulik und Pneumatik.

F. L. Cancrins, erste Gründe der Berg- und Salzwerkskunde. 7r Theil. Bergmaschinenkunst. Frankfurt a. M. 1773. 8.

B. F. Mönnich, Anleitung zur Anordnung und Berechnung der gebräuchlichsten Maschinen. Augsburg 1779. 8.

Buat, Principes d'Hydraulique. 2 Tom. Paris 1779. 1786. 8.

Büat, Grundlehren der Hydraulik, übers. m. Anmerk. von J. F. Lempe. Leipzig 1796. 8. — Auch von J. W. A. Kosmann. Berlin 1796. 8.

J. Horwath, mechanische Abhandlung von der Statik, Mechanik, Hydrostatik, Hydraulik, Pneumatik; aus dem Latein. von J. Pasquich. 2 Theile. Pesth 1785. 1786. 8.

J. Krafts Vorlesungen über die Mechanik. übers. von J. C. A. Steingrüber. 2 Bände. Dresden 1787. 8.

A. Bürja's Grundlehren der Statik, Hydrostatik, Hydraulik. 4 Bände. Berlin 1789 — 1792. 8.

Bossut, Traité élémentaire de Mécanique, de Dynamique, et Hydrodynamique. 3 Vol. Paris 1775 — 1777. 8.

Bossüt, Lehrbegriff der Hydrodynamik, nach Theorie und Erfahrung; übers. m. Anmerk. von J. C. Langsdorf. Frankfurt a. M. 1791. 1792. 8.

Bernard, Nouveaux principes d'Hydraulique. Paris 1787. 8.

Bernards neue Grundlehren der Hydraulik; übers. von K. Chr. Langsdorf. Marburg 1790. 8.

J. Pasquich, Versuch eines Beitrags zur allgemeinen Theorie der Bewegung und vortheilhaftesten Einrichtung der Maschinen. Leipzig 1789. 8.

J. Pasquich, Unterricht in der mathematischen Analysis und Maschinenlehre. 3 Theile. 1789 — 1798. 8.

Prony, Nouvelle Architecture hydraulique. Paris 1790. 4.

Prony's neue Architectura hydraulica; a. d. Französ. übers. von K. Chr. Langsdorf. 2 Theile. Frankfurt a. M. 1795 — 1801. 4.

K. Chr. Langsdorf, Lehrbuch der Hydraulik. Altenburg 1794. Fortsetzung desselben 1796. 4.

Desselben, Handbuch der Maschinenlehre. 2 Bände. Altenburg 1797. 1799. 4.

Desselben Grundlehren der mechanischen Wissenschaften ꝛc. Erlangen 1802. 8.

Desselben Handbuch der gemeinen und höhern Mechanik fester und flüssiger Körper ꝛc. Heidelberg 1807. 8.

Desselben neuere Erweiterungen der mechanischen Wissenschaften ꝛc. Mannheim und Heidelberg 1816. 8.

J. F. Lempe, Lehrbegriff der Maschinenlehre, mit Rücksicht auf den Bergbau. 1r Th. in zwey Abtheilungen. Leipzig 1795. 1797. 4.

R. Woltmann, Beyträge zur hydraulischen Architektur. 4 Bände. Göttingen 1791 — 1799. 8.

Desselben, theoretische und praktische Untersuchung über die Wirkung der Maschinen. Göttingen 1804. 8.

J. A. Eytelwein, Handbuch der Mechanik fester Körper und der Hydraulik, mit Anwendung auf die Baukunst. Berlin 1801. 8.

L. N M. Carnot, Principes fondamentaux de l'Equilibre et du Mouvement. Paris 1803. 8.

L. N. M. Carnots Grundsätze der Mechanik vom Gleichgewicht und der Bewegung; übers. von C. S. Weiß. Leipzig 1805. 8.

E. Nordvalls Maschinenlehre; aus dem Schwed. übers. von J. G. L. Blumhof. 2 Theile, Berlin 1804. 4.

J. H. M. Poppe, Encyclopädie des gesammten Maschinenwesens ꝛc. 7 Theile. Leipzig 1803—1818. 8. 1r Theil, neue Aufl. 1820. 8.

J. H. M. Poppe, die Mechanik des achtzehnten Jahrhunderts und der ersten Jahre des neunzehnten, oder genaue Bestimmung des Wachsthums und der Erweiterung der mechanischen Wissenschaften ꝛc. (Preisschrift). Hannover 1807. 8.

Zweyter Abschnitt.

Statische und mechanische Lehren.

I. Verschiedene Arten der Bewegung.

§. 8.

Zu jeder Bewegung, d. h. zu jeder Veränderung des Orts eines Körpers, gehört nicht blos Kraft (§. 7.), sondern auch Zeit. Denn Zeit verstreicht bey jeder Bewegung, weil der Körper unmöglich an zwey Orten zugleich seyn kann. Die Vergleichung dieser Zeit mit dem zurückgelegten Raume giebt die Geschwindigkeit des Körpers. Je größer der zurückgelegte Raum für einerley Zeit ist, desto größer ist die Geschwindigkeit des bewegten Körpers. Gewöhnlich pflegt man den in einer Sekunde durchlaufenen Raum als Maaß der Geschwindigkeit anzunehmen.

Geschieht die Bewegung eines Körpers in einer geraden Linie, so zeigt diese die Richtung seiner Bewegung an. Ist der Weg oder die Bahn des Körpers eine krumme Linie, so wird seine Richtung alle Augenblicke verändert; in demjenigen Punkte des Weges, wo

der Körper sich eben befindet, ist dann die Tangente oder Berührungslinie seine Richtung.

Die Bewegung des Körpers kann gleichförmig oder ungleichförmig seyn. Sie ist gleichförmig, wenn der Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume durchstreicht; ungleichförmig, wenn die durchstrichenen Räume in gleichen Zeiten nicht gleich sind. Die ungleichförmige Bewegung ist entweder beschleunigt oder verzögert. Beschleunigung und Verzögerung selbst können wieder gleichförmig oder ungleichförmig seyn.

Die auf die Erde herabfallenden Körper geben ein Beyspiel von gleichförmiger Beschleunigung; die von der Erde in die Höhe geworfenen von gleichförmiger Verzögerung.

§. 9.

Bey jeder Bewegung hat der Raum s, durch welchen ein Körper bewegt wird, ein gewisses Verhältniß zu der Zeit t, in welcher sie geschieht (§. 8.). Dieses Verhältniß ist es eben, was man Geschwindigkeit nennt. Man drückt es aus durch

$$c = \frac{s}{t};$$

d. h. der Raum dividirt durch die Zeit giebt die Geschwindigkeit. So erhält man immer den in einer Sekunde durchstrichenen Raum als Maaß der Geschwindigkeit.

Durchläuft ein Körper in 12 Minuten oder 720 Sekunden einen Raum von 1440 Fuß, so ist seine Geschwindigkeit $\frac{1440}{720} = 2$ Fuß.

§. 10.

Bey gleichmäßiger Bewegung verhalten sich die Geschwindigkeiten, wenn die Zeiten gleich sind, wie die Räume, und wenn die Räume gleich sind, umgekehrt wie die Zeiten.

Nennt man den Raum, durch welchen sich ein Körper bewegt, $= S$, die dazu gehörige Zeit $= T$, die Geschwindigkeit $= C$; bey einem andern Körper den Raum $= s$, die Zeit $= t$, die Geschwindigkeit $= c$, so ist

$$C : c = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}.$$

Wenn nun $T = t$, so ist

$$C : c = \frac{S}{t} : \frac{s}{t} = S : s;$$

wenn aber $S = s$, so ist

$$C : c = \frac{s}{T} : \frac{s}{t} = t : T.$$

§. 11.

Bey gleichförmiger Geschwindigkeit verhalten sich ferner die Räume wie die Geschwindigkeiten mit den Zeiten multiplicirt. Weil nämlich $c = \frac{s}{t}$, so ist

$$s = ct.$$

Man findet daher den in einer gewissen Zeit durchstrichenen Raum, wenn man mit dieser Zeit die Geschwindigkeit multiplicirt. Wenn $s = ct$, so ist

$$t = \frac{s}{c},$$

oder der Raum dividirt durch die Geschwindigkeit giebt die Zeit.

Die Geschwindigkeit eines Körpers ist 6 Fuß, heißt so viel: der Körper legt in einer Sekunde 6 Fuß zurück. Daher ist der in 50 Sekunden durchstrichene Raum = 6.50 = 300 Fuß. — Fragt man, wie viele Zeit hat ein Körper nöthig, um mit 5 Fuß Geschwindigkeit einen Raum von 400 Fuß zu durchlaufen? so ist $\frac{400}{5}$ = 80 Sekunden = 1 Minute 20 Sekunden die verlangte Zeit.

§. 12.

Sehr viele Bewegungen entstehen von andern Bewegungen, nämlich durch Mittheilung. Es kann ein Körper einen andern auf seinem Wege treffen und ihn durch Stoß oder Druck vor sich hintreiben; es kann aber auch ein Körper, welcher sich bewegt, so an einem andern haften, daß dieser genöthigt wird, seinem Wege durch Zug zu folgen.

Auf Masse und Geschwindigkeit beruht die Größe oder Stärke einer Bewegung. Bezeichnen C und c die Geschwindigkeit zweyer Bewegungen, A und a ihre Größe, und sind die Geschwindigkeiten gleich, so verhalten sich jene Größen, wie die Massen M und m, oder

$$A : a = M : m.$$

Sind hingegen die Massen gleich, und die Geschwindigkeiten ungleich, so verhalten sich jene Größen, wie die Geschwindigkeiten, oder

$$A : a = C : c.$$

Sind Massen und Geschwindigkeiten ungleich, so verhalten sich die Größen der Bewegungen wie die Produkte der Massen mit den Geschwindigkeiten; oder

$$A : a = CM : cm.$$

Rührt nämlich eine Bewegung A von der Masse M und der Geschwindigkeit C her, eine Bewegung a von der Masse m und der Geschwindigkeit c, und vergleicht man beyde Bewegungen mit einer dritten α, welche die Masse m und die Geschwindigkeit C hat, so ist

$$A : \alpha = M : m$$
$$\alpha : a = C : c$$
$$\overline{A\alpha : a\alpha = CM : cm}, \text{ oder}$$
$$A : a = CM : cm.$$

Man kann daher auch leicht, wenn die Größe einer Bewegung (die bewegende Kraft, aus Masse und Geschwindigkeit bestehend) bekannt ist, aus der Masse die Geschwindigkeit, und aus der Geschwindigkeit die Masse finden. Ist z. B. $A = CM$; so ist $C = \frac{A}{M}$, und $M = \frac{A}{C}$.

§. 13.

Wenn zwey bewegte Körper auf einen andern wirken, und die Produkte der Massen in die Geschwindigkeit, folglich die Bewegungen selbst gleich sind, so heben sie sich gegen einander auf und es entsteht Stillstand oder Gleichgewicht. Das Produkt einer Masse mit ihrer Geschwindigkeit pflegt man daher auch statisches Moment zu nennen. | mechanisches

Gleich sind die statischen Momente zweyer Bewegungen, wenn sowohl die Massen, als auch die Geschwindigkeiten gleich sind. Es ist also $A = a$, wenn $CM = cm$.

Aber auch bey ungleichen Massen und Geschwindigkeiten können die statischen Momente zweyer Bewe-

gungen gleich seyn, wenn nämlich die Massen sich umgekehrt verhalten wie die Geschwindigkeiten. Wenn

$$M : m = c : C,$$

so ist auch $CM = cm$.

§. 14.

Jeder Körper, der auf die Erde herabfällt, hat eine gleichförmig beschleunigte Bewegung. Seine Geschwindigkeit fängt mit 0 an und wächst mit jedem gleichen Zeittheilchen gleich viel. Man kann bey jedem fallenden Körper annehmen, die Schwere (§. 4.) treibe ihn so nach der Erde zu, als wenn er von dieser Kraft in jedem Augenblicke einen Stoß empfinge. Nun würde schon der erste Stoß den Körper mit gleichförmiger Geschwindigkeit (vermöge der Trägheit) weiter treiben; der zweyte Stoß vermehrt die Geschwindigkeit, der dritte abermals rc., und so muß denn wohl, da die Stöße ununterbrochen auf einander folgen, die Geschwindigkeit mit jedem Augenblicke zunehmen.

Aber das Zeittheilchen, worin ein Stoß geschieht, muß man sich unendlich klein denken. Setzt man den Raum, durch welchen der Körper auf den ersten Stoß in einem solchen Zeittheilchen herabfallen würde, $= f$, so müßte sich der Körper schon vermöge seiner Trägheit in jedem folgenden gleich großen Zeittheilchen durch einen Raum $= f$ herabbewegen. Er bekommt aber in jedem neuen Zeittheilchen einen neuen Stoß; folglich muß er in dem zweyten durch einen Raum $= f + f = 2f$, in dem dritten durch einen Raum $2f + f = 3f$, in dem vierten durch $3f + f = 4f$ u. s. w., also in

n Zeittheilchen durch einen Raum ns herabfallen. Die Summe der Räume

$$s + 2s + 3s + 4s \ldots\ldots + ns$$

giebt daher den ganzen Raum an, durch den sich der Körper in einer gewissen Zeit herabbewegt hat. Die Summe jener arithmetischen Reihe ist

$$= \frac{(s + ns)\,n}{2} = \frac{ns + 1s}{2}.n$$

$$= \frac{n(n + 1)s}{2}.$$

Stellt man sich unter den n Zeittheilchen eine Sekunde vor, so ist $\frac{n(n+1)s}{2}$ der Raum, durch welchen der Körper in einer Sekunde herabfällt. Folglich ist sein Fall in zwey Sekunden

$$= \frac{2n(2n + 1)s}{2},$$

in drey Sekunden

$$\frac{3n(3n + 1)s}{2}$$

u. s. w. Weil nun die Schwere ununterbrochen auf einen Körper wirkt, folglich das Zeittheilchen, worin man die Geschwindigkeit des Körpers als gleichförmig ansieht, unendlich klein ist, so müssen auf eine Sekunde unendlich viele solcher Zeittheilchen gehen. Daher drückt n eine unendlich große Zahl aus. In diesem Falle ist 1 so unendlich gering, daß man es in der Summe $n + 1$ ohne Fehler weglassen kann. Man darf mithin n statt $n + 1$, $2n$ statt $2n + 1$, $3n$ statt $3n + 1$ u. s. w. setzen.

Das obige Verhältniß der Fallräume war, (wenn

gungen gleich seyn, wenn nämlich die Massen sich umgekehrt verhalten wie die Geschwindigkeiten. Wenn

$$M : m = c : C,$$

so ist auch $CM = cm$.

§. 14.

Jeder Körper, der auf die Erde herabfällt, hat eine gleichförmig beschleunigte Bewegung. Seine Geschwindigkeit fängt mit 0 an und wächst mit jedem gleichen Zeittheilchen gleich viel. Man kann bey jedem fallenden Körper annehmen, die Schwere (§. 4.) treibe ihn so nach der Erde zu, als wenn er von dieser Kraft in jedem Augenblicke einen Stoß empfinge. Nun würde schon der erste Stoß den Körper mit gleichförmiger Geschwindigkeit (vermöge der Trägheit) weiter treiben; der zweyte Stoß vermehrt die Geschwindigkeit, der dritte abermals ꝛc., und so muß denn wohl, da die Stöße ununterbrochen auf einander folgen, die Geschwindigkeit mit jedem Augenblicke zunehmen.

Aber das Zeittheilchen, worin ein Stoß geschieht, muß man sich unendlich klein denken. Setzt man den Raum, durch welchen der Körper auf den ersten Stoß in einem solchen Zeittheilchen herabfallen würde, $= s$, so müßte sich der Körper schon vermöge seiner Trägheit in jedem folgenden gleich großen Zeittheilchen durch einen Raum $= s$ herabbewegen. Er bekommt aber in jedem neuen Zeittheilchen einen neuen Stoß; folglich muß er in dem zweyten durch einen Raum $= s + s = 2s$, in dem dritten durch einen Raum $2s + s = 3s$, in dem vierten durch $3s + s = 4s$ u. s. w., also in

n Zeittheilchen durch einen Raum nf herabfallen. Die Summe der Räume

$$f + 2f + 3f + 4f \ldots + nf$$

giebt daher den ganzen Raum an, durch den sich der Körper in einer gewissen Zeit herabbewegt hat. Die Summe jener arithmetischen Reihe ist

$$= \frac{(f + nf)n}{2} = \frac{nf + 1f}{2}.n$$

$$= \frac{n(n + 1)f}{2}.$$

Stellt man sich unter den n Zeittheilchen eine Sekunde vor, so ist $\frac{n(n + 1)f}{2}$ der Raum, durch welchen der Körper in einer Sekunde herabfällt. Folglich ist sein Fall in zwey Sekunden

$$= \frac{2n(2n + 1)f}{2},$$

in drey Sekunden

$$\frac{3n(3n + 1)f}{2}$$

u. s. w. Weil nun die Schwere ununterbrochen auf einen Körper wirkt, folglich das Zeittheilchen, worin man die Geschwindigkeit des Körpers als gleichförmig ansieht, unendlich klein ist, so müssen auf eine Sekunde unendlich viele solcher Zeittheilchen gehen. Daher drückt n eine unendlich große Zahl aus. In diesem Falle ist 1 so unendlich gering, daß man es in der Summe $n + 1$ ohne Fehler weglassen kann. Man darf mithin n statt $n + 1$, $2n$ statt $2n + 1$, $3n$ statt $3n + 1$ u. s. w. setzen.

Das obige Verhältniß der Fallräume war, (wenn

man die gleichen Faktoren f und die gleichen Divisoren 2 wegläßt)

$= n(n + 1) : 2n(2n + 1) : 3n(3n + 1) \ldots\ldots$

Dieses verwandelt sich nun, wenn 1 wegbleibt, in folgendes:

$n.n : 2n.2n : 3n.3n \ldots\ldots$

$= 1n^2 : 4n^2 : 9n^2 \ldots\ldots$

$= 1 : 4 : 9 \ldots\ldots$

Das heißt: die Räume der fallenden Körper verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten (z. B. der Anzahl von Sekunden), die er zu seinem Falle anwendet. Daher müssen sich die Zeiten fallender Körper wie die Quadratwurzeln aus den Räumen verhalten.

Dieses Gesetz des Falls der Körper, im Jahr 1602 von Galilei zuerst entdeckt, läßt sich auch geometrisch beweisen und durch Experimente mit der Fallmaschine (des Atwood) darthun.

§. 15.

Fällt der Körper in der ersten Sekunde durch einen Raum, den wir 1 nennen, so fällt er in zwey Sekunden durch den Raum $2^2 = 4$, in drey Sekunden durch den Raum $3^2 = 9$, in vier Sekunden durch den Raum $4^2 = 16$, in zehn Sekunden durch den Raum $10^2 = 100$ u. s. w. Erfahrungen haben gelehrt, daß in nicht zu großen Entfernungen über der Erde und in Gegenden unserer Zone jeder Körper in der ersten Sekunde durch einen Raum von 15,094 Pariser oder 15,625 Rheinländische Fuß herabfällt. (In Gegenden, welche von dem Mittelpunkte der Erde merklich entfernter sind, wirkt die Kraft der Schwere schwächer auf die fallenden

Körper, so wie sie da stärker wirkt, wo die Entfernung vom Mittelpunkte kleiner ist.) Der Körper fällt also in zwey Sekunden durch einen Raum von 4.15,094 Pariser Fuß, in drey Sekunden durch 9.15,094, in vier Sekunden durch 16.15,094 Pariser Fuß ꝛc. Es wächst also des fallenden Körpers Geschwindigkeit in jeder folgenden Sekunde eben so wie das Quadrat der Zeit wächst. Die Quadratzahlen

1 4 9 16 25 36 49 64 u. s. w.

wachsen aber wie die ungeraden Zahlen

1 3 5 7 9 11 13 15 u. s. w.

Daher fällt der Körper in jeder nachfolgenden Sekunde um 2.15,094 Pariser Fuß tiefer, als in der kurz vorhergehenden.

Durch den Widerstand der Luft, in welcher die Körper herabfallen, werden jene Gesetze sehr merklich abgeändert, hauptsächlich wenn die Körper sehr locker sind, wie Kork, Federn ꝛc. Denn an der Ueberwindung jenes Widerstandes verlieren sie immer einen Theil der Gewalt, womit sie sonst fallen würden, und zwar verlieren sie desto mehr, je mehr die materiellen Theilchen in einen großen Raum ausgebreitet sind.

§. 16.

Wenn ein Körper von einer einzigen Kraft bewegt wird, so kann er nur nach einer Richtung hingehen, und zwar, so lange keine zweyte Kraft auf ihn wirkt, immer nach derselben Richtung mit einer Geschwindigkeit, welche jener Kraft gemäß ist.

Der Körper kann aber auch von zwey Kräften zugleich getrieben werden, und dann ist der Erfolg verschieden, je nachdem die Richtungen und Geschwindigkeiten der Kräfte verschieden sind. Wenn nämlich beyde

Kräfte nach einer und derselben Richtung auf den Körper wirken, so wird auch der Körper nach derselben Richtung hin bewegt werden und zwar mit der Summe der Geschwindigkeiten beyder Kräfte. Wirken aber beyde Kräfte nach entggengesetzter Richtung auf den Körper, so muß dieser nach der Richtung der stärkern Kraft sich hinbewegen und zwar mit der Differenz der Geschwindigkeiten beyder Kräfte. Sind beyde Kräfte gleich, so ist die Differenz = 0; alsdann kann sich der Körper gar nicht fortbewegen, sondern er muß ruhen. Wirken endlich zwey Kräfte nach zwey verschiedenen Richtungen, die einen Winkel mit einander bilden, auf den Körper, so muß der Körper nach einer Richtung sich hinbewegen, welche zwischen jenen Richtungen liegt, und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche sowohl von der Geschwindigkeit der einzelnen Kräfte, als auch von jenem Winkel abhängt.

§. 17.

Wenn zwey Kräfte zu gleicher Zeit auf einen Körper (z. B. auf eine Kugel) wirken, wovon die eine Kraft den Körper nach der Richtung *xa*, die andere nach der Richtung *ya* Fig. 1. Tafel I. treiben will, so kann der Körper weder nach der Richtung *xad*, noch nach der Richtung *yab* sich fortbewegen; er muß vielmehr eine Richtung nehmen, die zwischen beyden jenen Richtungen liegt. Wirkten die beyden von *x* und *y* herkommenden Kräfte gleich stark auf den Körper *a*, so müßte dieser eine Richtung nehmen, welche genau mitten zwischen den Richtungen *ad* und *ab* liegt, d. h. er müßte die Diagonale *ac* des gleichseitigen Parallelograms *abcd* durchlaufen.

Das Parallelogram, dessen Diagonale der Körper durchläuft, ist immer durch die beyden Seiten *ab* und *ad*, die sogenannten äußern Kräfte oder Seitenkräfte gegeben. Das Verhältniß der Längen dieser Seiten wird durch das Verhältniß der Stärke der beyden Kräfte, d. h. durch ihre Geschwindigkeiten und durch den Winkel $xay = bad$ ausgedrückt, der von den beyden Richtungen der Kräfte bestimmt wird. Die beschriebene Diagonale heißt mittlere Kraft oder Diagonalkraft. Da die Seiten *ab* und *ad* des Parallelograms sich wie die Räume verhalten, durch welche jede Kraft für sich allein den Körper in einerley Zeit würde hingetrieben haben, so muß wohl bey gleichen Kräften, die den Körper *a* mit gleicher Geschwindigkeit treffen, $ad = ab$, folglich das Parallelogram *abcd* gleichseitig seyn. Bey ungleichen Kräften aber muß der Körper in einer Richtung gehen, welche der Direction der stärkern Kraft näher ist. Soll z. B. der Körper *a* in derselben Zeit von der Kraft *y* durch *af* getrieben werden, in welcher die Kraft *x* ihn durch *ab* forttreiben will, so ist *ae* die zu durchlaufende Diagonale; für den Weg *ab* und *ah* ist es *ag* u. s. w.

Durch sogenannte Diagonalmaschinen kann man das Parallelogram der Kräfte und die darin vorkommende zusammengesetzte Bewegung anschaulich darstellen; und im gemeinen Leben sowohl, als bey manchen Natur-Ereignissen sieht man oft Beyspiele von solchen Bewegungen.

Wirken drey, vier und mehr Kräfte nach verschiedenen Richtungen auf den Körper, so kann man erst zwey Kräfte zu einer mittlern Kraft vereinigen, dann wieder zwey, u. s. w. um zuletzt diejenige Richtung zu bekommen, in welcher der Körper sich fortbewegen wird.

§. 18.

Soll die Bahn eines bewegten Körpers eine krumme Linie seyn, so müssen wenigstens zwey Kräfte nach verschiedenen Richtungen so auf ihn wirken, daß die Richtung des Körpers in jedem Augenblicke verändert wird. Wenn *ab* und *ad* Fig. 2. Taf. I. die Richtungen und Größen zweyer Kräfte vorstellen, welche zu einer gleichen und bestimmten Zeit *t* auf den Körper *a* wirken, so muß der Körper *a* in der Zeit *t* die Diagonale *ae* des Parallelograms *abcd* beschreiben. Wirkte nun auch weiter keine Kraft in ihm, so würde er doch, vermöge seiner Trägheit, mit der erlangten Geschwindigkeit in der folgenden Zeit *t* den Weg *ef* = *ae* zurücklegen. Soll er aber von dieser Richtung nach *eg* abgelenkt werden, so muß beym Anfange der zweyten Zeit *t* eine Kraft *eh* so in ihn wirken, daß sie, mit *ef* verbunden, den Körper die Diagonale *eg* durchlaufen läßt. — Auf dieselbe Art müßte beym Anfange der dritten Zeit *t* eine Kraft *gl* so auf den Körper wirken, daß er, mit *gi* = *ef* vereinigt, während der dritten Zeit *t* die Diagonale *gk* beschriebe; u. s. w. Nimmt man nun die Zeit *t* unendlich klein an, d. h. läßt man den Körper in jedem Augenblicke von seiner Richtung *ab*, *ef*, *gi* u. s. w. ablenken, so werden die Diagonalen unendlich klein, und bilden dann in der Zusammensetzung eine stetige krumme Linie.

Die Ablenkungen von *ab*, *ef*, *gi* ꝛc. durch *ad*, *eh*, *gl* ꝛc. können nach einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte *c* geschehen, so, daß die ganze Bahn des Körpers mit diesem Punkte, dem sogenannten Mittelpunkte der Bewegung oder Mittelpunkte der Kräfte, in

einer Ebene liegt. Die nach *c* hinlenkende Kraft heißt dann Centripetalkraft oder Normalkraft; die andere von *c* abtreibende Kraft, welche im Anfange der Bewegung (in dem ersten unendlich kleinen Zeittheilchen) den Körper nach der Richtung einer geraden Linie treibt, heißt Tangentialkraft. Letztere liegt entweder selbst in einer Tangente der krummen Linie *aegk*, oder sie kann doch in zwey Kräfte zerlegt werden, wovon die eine mit der Richtung der Tangente *ab*, die andere mit einer auf der Tangente senkrechten Linie zusammenfällt. Beyde Kräfte zusammen, die Tangentialkraft und die Centripedalkraft, nennt man Centralkräfte; die Größe aber, um welche die Tangentialkraft den Körper von dem Mittelpunkte der Bewegung zu entfernen strebt, heißt Centrifugalkraft, Fliehkraft, Schwungkraft. Diese Kraft kann mit der Centralkraft in einem solchen Verhältniß stehen, daß der Körper eine in sich selbst zurückkehrende krumme Linie (einen Kreis, eine Ellipse u. d. gl.) beschreibt.

§. 19.

Die krumme Linie, welche ein Körper durch die Wirkung zweyer Centralkräfte beschreibt, fällt natürlich desto gekrümmter aus, je stärker die Centripetalkraft gegen die Tangentialkraft ist; denn das Verhältniß dieser beyden Kräfte bestimmt die Beschaffenheit der um *c* beschriebenen krummen Linie. Nach Vollendung eines ganzen Umlaufs kann der Körper wieder in den Punkt *a* treffen, von welchem er ausging, wo dann die krumme Linie in sich selbst zurückkehrt, z. B. ein Kreis oder eine Ellipse ist; oder die Bahn des Körpers

kann eine Spirallinie seyn, die sich entweder in immer engern oder in immer weitern Gängen um den Mittelpunkt dreht.

Wenn man einen Körper mittelst eines Fadens im Kreise herumschwingt, so zeigt die Gewalt, womit der Körper bey der Umdrehung den Faden spannt, die Schwungkraft an. Ist sie sehr stark, so kann der Faden zerreißen und dann fliegt der Körper bald aus seiner kreisförmigen Bahn heraus.

§. 20.

An einer Schwungmaschine kann man die Wirkung der Schwungkraft sehr deutlich sehen. Eine solche Schwungmaschine besteht gewöhnlich aus drey horizontalliegenden Scheiben, zwey größern und einer kleinern, die durch Schnüre, welche um ihren Peripherien liegen, mit einander verbunden sind. Kugeln, welche man central, d. h. in einem Durchmesser durchbohrt hat, schiebt man auf eine glatte stählerne Stange, die horizontal über einem Durchmesser der kleinern horizontal laufenden Schwungscheibe liegt. Befindet sich die Kugel genau im Mittelpunkte der Schwungscheibe, so bleibt sie bey der schnellsten Umdrehung desselben ruhig. Liegt sie außerhalb dem Mittelpunkte, so wird sie beym Umlaufen der Scheibe vermöge der Trägheit bald eine beschleunigte Bewegung und endlich ein Bestreben zu einer größern Geschwindigkeit erhalten, als die Geschwindigkeit der in der Umdrehung einigermaßen gehinderten Scheibe ist. Durch den Stab wird sie freylich gehindert, der ganzen Tangentialkraft, oder der Schwungkraft allein zu folgen. Sie wird aber auf dem Stabe nach dem Umfange der Scheibe hingleiten, also nach der Richtung der Centrifugalkraft sich hinbewegen.

Befestigt man die Kugel mit einem Faden an die Achse der Scheibe, so zerreißt sie diesen Faden, sobald die Centrifugalkraft größer wird, als die Cohäsion des Fadens.

Schiebt man zwey Kugeln von gleicher Masse auf die Stange, nachdem man sie mittelst Häkchen durch einen horizontal liegenden Faden verbunden hatte, und stellt man sie in gleiche Entfernung vom Mittelpunkte, so erlangen sie bey der Umdrehung der Schwungscheibe gleiche Geschwindigkeit; keine von beyden wird nachgeben, bis endlich die Summe beyder Bewegungen stärker wird, als die Cohäsion des Fadens; die Kugeln werden dann den Faden zerreißen und mit gleicher Geschwindigkeit auseinander schießen. Stellt man von zwey Kugeln, die gleiche Masse besitzen, die eine entfernter vom Mittelpunkte, so erhält die entferntere eine größere Geschwindigkeit, und deswegen wird sie nach Außen fahren und die nähere nach sich reißen. Stellt man zwey Kugeln von ungleicher Masse in gleiche Entfernung vom Mittelpunkte, so bekommen beyde zwar einerley Geschwindigkeit; aber die Kugel von größerer Masse wird nach Außen fahren und die kleinere nach sich reißen. Hat man zwey Kugeln von ungleicher Masse, und stellt man die kleinere um so viel entfernter vom Mittelpunkte wie die größere Masse, daß sie eine um so größere Geschwindigkeit erhält, folglich bey beyden Kugeln die Produkte der Massen mit den Geschwindigkeiten gleich sind, so werden beyde Kugeln einander hemmen, endlich aber, wenn sie die Cohäsion des Fadens überwinden können, diesen zerreißen und beyde werden auseinander fahren. Nimmt man

zwey Kugeln von ungleicher Masse und stellt man die kleinere so viel entfernter, daß ihr Moment größer wird als das der größern, so wird die kleinere Masse die größere überwinden und nach sich ziehen.

Bey manchen Maschinen sieht man die Schwungkraft zu wesentlichen Einrichtungen benutzt, z. B. bey Dampfmaschinen, bey dem Uhlhornschen Geschwindigkeitsmesser rc. — Schwungräder und Schwungflügel gehören gleichfalls hierher.

Das Getraide, welches bey Mahlmühlen durch das Läuferauge zwischen die Zermalmungsflächen der beyden Mühlsteine fällt, wird durch die von der Umdrehung der Steine erhaltene Schwungkraft nach dem Umfange der Steine getrieben. — Vermöge seiner Schwungkraft zerberstet oft ein dünner Läufer und fällt neben dem Bodensteine nieder. — Vermöge der Schwungkraft drücken auch Räder, deren Masse nicht gleichförmig am Umfange vertheilt ist, die Wellzapfen auf eine nachtheilige Weise. — Das Emporschleudern des Koths durch die Wagenräder rührt auch von der Schwungkraft her, u. d. gl. m.

§. 21.

Bey der Wurfbewegung und Pendelbewegung kommen gleichfalls zwey nach verschiedenen Richtungen wirkende Kräfte vor. Wird ein Körper mit einer gewissen Kraft in die Höhe geworfen, so wirkt dieser Kraft die Schwere (§. 4. 14.) entgegen, die ihn wieder auf die Erde zurückzuziehen strebt. Diese Schwere raubt ihm in jedem Zeittheilchen eben so viele Geschwindigkeit, als er beym freyen Falle gewonnen hätte. Die Schwere wirkt nämlich auf den in die Höhe geworfenen Körper, als eine gleichförmig verzögernde Kraft nach demselben Gesetze, wie es beym Fall der Körper statt findet. Daher kann ein mit einer gewissen

Geschwindigkeit vertikal in die Höhe geworfener Körper keine größere Höhe erreichen, als diejenige ist, von welcher er beym freyen Falle herunter müßte, um jene Geschwindigkeit zu erlangen. Folglich gehört auch eben so viele Zeit zum Steigen auf eine gewisse Höhe, als zum freyen Falle von dieser Höhe erfordert wird.

Wirft man den Körper unter einem gegen den Horizont spitzigen Winkel von der Erde hinweg oder auch in einer mit dem Horizont parallelen Richtung, so kann der Körper nicht in der von der anfänglichen Kraft erhaltenen Richtung fortfliegen, sondern er wird von der Schwerkraft allmälig mehr und mehr nach der Erde hingelenkt und kommt (wie dies bey Bomben, Kanonenkugeln, aus horizontalen und andern Röhren und Rinnen schießenden Wasserstrahlen rc. der Fall ist) in einer krummen Linie, der Parabel, zur Erde herab.

§. 22.

Ein an einem Faden z. B. an *ca* Fig. 3. Taf. I. hängender schwerer Körper *a* (z. B. eine Metallkugel) wird so lange in Ruhe bleiben, als *ca* senkrecht herabhängt. Bringt man aber den Körper in die Lage *m*, so will ihn die Schwerkraft der Erde nach *f* herabziehen, während der Faden ihn nach der Richtung *mc* zurückhält. Beyde Kräfte suchen ihn also in jedem Augenblicke nach verschiedenen Richtungen hinzubewegen und deswegen muß er wohl alle Augenblicke einer mittlern Richtung folgen, d. h. er muß sich durch den Bogen *ma* bewegen. Vermöge seiner Trägheit geht er nun aber über *a* hinaus bis nach *n*, wo er eben so weit entfernt ist, wie in *m*. Der Bogen *an* ist also dem Bogen *am* gleich.

Ist der Körper in *n* angekommen, so muß er, von denselben Kräften wie vorhin getrieben, wieder zurück durch den Bogen *nm* bis nach *m*; und diese gleichförmige hin- und hergehende Bewegung würde er unaufhörlich fortsetzen, wenn kein Hinderniß seine Bewegung aufhielte oder schwächte.

Eine solche Vorrichtung heißt ein Pendel, die Bewegung desselben Schwungbewegung. Eine Bewegung hin und her nennt man Schwung, Schwingung, Oscillation, Vibration. Der feste Punkt *c* heißt Aufhängungspunkt. Statt des Fadens kann man sich auch eine dünne gerade Stange (von Eisen oder Stahl) denken; das Ende *c* kann dann doch ein Faden, oder auch eine dünne Uhrfeder, oder auch eine kleine glatte Metallkugel (eine Nuß) seyn, die sich auf einer harten blanken Ebene hin und her bewegt.

Wenn man den Faden oder die Stange *ca* als eine Linie ganz ohne Schwere und den Körper *a* selbst blos als einen schweren Punkt ansieht, so ist *ca* ein einfaches Pendel. Im entgegengesetzten Falle, wo *ca* eine wirkliche Stange oder ein Faden und *a* ein Körper von bestimmter Größe ist, heißt das Pendel ein zusammengesetztes. In jedem solchen Pendel giebt es einen Punkt, worin man sich die ganze schwere Masse des Pendels vereinigt gedenken kann, und wo das Pendel nach denselben Gesetzen schwingen würde, nach welchen es in dem einfachen Pendel schwingt. Ein solcher Punkt wird Mittelpunkt des Schwunges oder Schwingungspunkt genannt.

§. 23.

Die Anzahl der Schwingungen, welche das Pendel in einer gewissen Zeit macht, beruht auf der Länge des Pendels; ein längeres Pendel macht in einer gewissen Zeit weniger Schwingungen; ein kürzeres macht deren mehr. Je länger ein Pendel ist, desto geringer ist die Anzahl seiner Schwingungen in einer gewissen Zeit, d. h. desto langsamer vibrirt es. Ein Pendel, welches zweymal so schnell schwingen soll, muß viermal kürzer, ein solches, welches dreymal so schnell schwingen soll, neunmal kürzer; ein solches, welches viermal so schnell schwingen soll, sechszehn mal kürzer 2c. gemacht werden, folglich nach den Quadratzahlen der Zeiten immer kürzer. Im Gegentheil nach gleichen Verhältnissen länger, wenn es langsamer schwingen soll. Die Länge des Sekundenpendels oder desjenigen Pendels, welches in jeder Sekunde einmal hin- und hergeht, folglich in einer Stunde 3600 solcher Schwingungen macht, beträgt bey uns 3 Fuß 8⅔ Linien, Pariser Maaß. Sollte das Pendel in der Stunde halb so viele, nämlich 1800 Schwingungen machen, so müßte es viermal länger gemacht werden; sollte es zweymal so viele, nämlich 7200 Vibrationen machen, so müßte es viermal kürzer gemacht werden; u. s. f. Folgendes Täfelchen zeigt die Länge einiger Pendel von verschiedenen Schwingungsanzahlen:

Anzahl der Schwingungen in einer Stunde.	Länge des Pendels.			
	Fuß.	Zoll.	Linie.	Zwölftheile einer Linie.
21000	0	1	0	11
18000	0	1	5	7
16900	0	1	8	0
15400	0	2	0	1
14000	0	2	5	2
12500	0	3	0	6
11800	0	3	5	0
10900	0	4	0	1
10300	0	4	5	10
9700	0	5	0	8
8800	0	6	1	9
8600	0	6	5	3
8200	0	7	0	11
8000	0	7	5	2
7500	0	8	5	6
7200	0	9	2	2
6560	0	11	3	2
5200	1	5	7	3
5000	1	7	0	6
4400	2	0	7	1
4000	2	5	9	0
3600	3	0	8	10
3000	4	4	10	9
2600	5	10	5	0
2200	8	2	5	4
1800	12	2	11	4
1400	20	2	10	10
1200	27	6	6	8
1000	39	8	1	2
800	61	11	10	10
700	80	11	7	7

Das Pendel ist hier als ein einfaches betrachtet, oder als ein solches, dessen Stange ohne Schwere, und dessen Linse (linsenförmiges Gewicht) blos ein schwerer Punkt wäre. Die wahre Länge des Pendels würde da von dem Aufhängepunkte an bis an jenen Punkt (den Mittelpunkt des Schwunges) gerechnet. Bey einem wirklichen physischen oder zusammengesetzten Pendel ist der Mittelpunkt des Schwunges nicht in der Mitte der Pendellinse zu suchen, sondern, wegen der Materie der Pendelstange, etwas höher hinauf nach dem Aufhängepunkte zu.

Das Pendel wird vornehmlich bey Uhren gebraucht; man wendet es aber auch noch auf andere Weise an, z. B. als hydraulisches Pendel, als Pendelsäge ꝛc. Widerstand der Luft und Reibung ist dabey, als Hinderniß der Bewegung, recht wohl zu beachten.

§. 24.

Wenn ein bewegter Körper auf seinem Wege einen andern trifft, so übt er auf diesen eine Wirkung aus, welche Stoß genannt wird. Trifft der bewegte Körper den andern so, daß die Richtungen, worin sich beyder Schwerpunkte bewegen, in einer und derselben geraden Linie liegen, und die auf einander stoßenden Flächen auf dieser Linie zugleich senkrecht sind, so nennt man den Stoß gerade oder central. Im Gegentheil ist er schief oder eccentrisch.

Die stoßenden Körper können von verschiedener Art seyn. Sie sind hart, wenn sich ihre Gestalt durch den Stoß und Druck nicht ändert; weich, wenn sie ihre Gestalt durch den Stoß verändern und nach dem Stoße nicht eigenmächtig wieder annehmen; elastisch, wenn

sich zwar ihre Gestalt durch den Stoß ändert, aber auch sogleich wieder von selbst so herstellt, wie sie vor dem Stoße war.

§. 25.

Hat von zwey gleichen Massen die eine eine größere Geschwindigkeit als die andere, so besitzt sie in demselben Verhältnisse auch mehr Bewegung. Bewegen sich ungleiche Massen mit einerley Geschwindigkeit, so hat die größere Masse in dem Verhältniß mehr Bewegung, als sie mehr materielle Theile wie die kleinere Masse besitzt. Daher verhalten sich bey zwey ungleichen mit verschiedenen Geschwindigkeiten sich bewegenden Massen die Summen der Bewegungen aller materiellen Theile dieser Massen, oder die Größen der Bewegungen (die statischen Momente), wie die Produkte der Massen mit ihren Geschwindigkeiten. Bezeichnet man die Massen zweyer Körper mit M, m, ihre Geschwindigkeiten mit C, c, so verhalten sich die Größen ihrer Bewegungen wie $CM : cm$.

§. 26.

Wenn zwey harte unelastische Körper, deren Massen und Geschwindigkeiten gleich sind (wo also $M = m$, $C = c$, folglich $CM = cm$), central aufeinander los sich bewegen und sich stoßen, so müssen beyde nach dem Stoße ruhen. Denn gleiche entgegengesetzte Kräfte, die sich auf gleiche Art treffen, heben einander auf und geben 0 zum Resultate ihres Aufeinanderwirkens. Ist aber CM größer als cm, so muß cm so viel, als es selbst beträgt, von der Bewegung CM aufheben. Der Ueberrest $CM - cm$ vertheilt sich dann

in beyden Massen M und m, und die gemeinschaftliche Geschwindigkeit der Körper nach dem Stoße ist nun

$$\frac{CM - cm}{M + m}.$$

Wenn beyde Massen gleich sind, folglich $M + m = 2M$, so ist jener Ausdruck

$$= \frac{CM - cm}{2M} = \frac{M(C - c)}{2M}$$

$$= \frac{C - c}{2};$$

d. h. die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße ist die halbe Differenz der Geschwindigkeit beyder Körper vor dem Stoße. Das Ruhen der Körper bey gleichen Momenten, wo also auch $C = c$, folglich $C - c = 0$ wäre, zeigt

$$\frac{M(C - c)}{2M} = \frac{0}{2} = 0.$$

§. 27.

Bewegen sich beyde Körper nach einerley Richtung hin und folgen sie sich so einander, daß der schnellere den langsamern einholt und stößt, so ist die Bewegung nach dem Stoße $= CM + cm$, folglich die gemeinschaftliche Geschwindigkeit beyder Körper

$$= \frac{CM + cm}{M + m}.$$

Die Summe beyder Momente vertheilt sich gleichsam in beyde Massen. Was die stoßende dabey verliert, gewinnt die gestoßene. Sind beyde Massen gleich, so verwandelt sich jener Ausdruck in diesen:

$$= \frac{M(C + c)}{2M} = \frac{C + c}{2};$$

d. h. die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße ist die halbe Summe der Geschwindigkeiten beyder Körper vor dem Stoße.

§. 28.

Wenn der gestoßene Körper vor dem Stoße ruhte, so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße

$$= \frac{CM}{M+m}.$$

War nämlich $c = 0$, so müßte auch $cm = 0$ seyn; also

$$\frac{CM + cm}{M+m} = \frac{CM + 0}{M+m} = \frac{CM}{M+m}.$$

Jede harte bewegte Masse setzt daher eine ruhende in Bewegung. Aber die ruhende Masse erhält immer weniger Geschwindigkeit, je größer ihre Masse gegen die Masse der stoßenden ist. Wenn demnach der bewegte Körper gegen den ruhenden nur sehr klein ist, so gehört schon eine beträchtliche Geschwindigkeit dazu, wenn die Bewegung merklich werden soll.

§. 29.

Sind die Körper elastisch, so fallen die Gesetze des Stoßes ganz anders aus. Denn bey dem Stoße solcher Körper leiden diese, der stoßende sowohl, als der gestoßene, eine Aenderung in der Gestalt, die sie aber auch vermöge der Schnellkraft augenblicklich wieder herstellen. Diese Wiederherstellung der Gestalt durch die Springkraft hat eine wechselseitige Rückwirkung der Körper auf einander zur Folge.

Gesetzt, zwey Körper A und B stießen central gegeneinander. Ist nun die Größe ihrer Bewegung gleich, oder ist $CM = cm$, so springen sie nach dem Stoße mit derselben Kraft wieder zurück. Denn A veränderte durch den Stoß die Form von B an der Berührungsstelle; aber vermöge der Elasticität stellte der Körper daselbst mit derselben Kraft seine Gestalt wieder her; dadurch wurde A mit derselben Kraft CM wieder zurückgeschnellt. Eben so verhielt es sich mit B, welcher A traf, und auf dieselbe Art, also mit $cm = CM$ zurückgeschnellt wurde. Ist aber, bey $M = m$, die Geschwindigkeit C größer als c, folglich CM größer als cm, so springen die Körper A und B beym Gegeneinanderfahren mit verwechselten Geschwindigkeiten zurück. Denn die Form von A wurde an der aufstoßenden Stelle mehr verändert, als die Form von B, folglich schnellte A den Körper B weiter zurück, als er selbst von B weiter zurückgetrieben wurde.

Ruht der eine Körper, z. B. B, während A sich gegen ihn an bewegt, so muß B mit der Geschwindigkeit, welche A vor dem Stoße hatte, fortfliegen; aber A kommt gleich nach dem Stoße in Ruhe und nimmt die Stelle von B ein. Denn die Form von A wurde an der aufstoßenden Stelle verändert, und bey der Wiederherstellung derselben schnellte er B fort; er selbst aber hatte seine ganze Geschwindigkeit verloren, und empfing von B keine Geschwindigkeit, weil dieser sich ihm nicht im mindesten entgegenbewegt hatte.

Bey den verschiedenen Naturkörpern leiden diese Gesetze des Stoßes der unelastischen und elastischen Massen beträchtliche Abänderungen, weil es weder ganz unelastische, noch ganz

elastische Massen giebt. — Durch die Stoßmaschine oder Percussionsmaschine (aus einer Reihe elfenbeinerner einander berührender Kugeln bestehend) sucht man die Lehre vom Stoße der Körper zu erläutern.

§. 30.

Nur beym senkrechten Stoße wirkt der stoßende Körper mit seinem ganzen Momente. Dies ist aber nicht der Fall bey dem schiefen Stoße, d. h. bey demjenigen, wo die Bahn des stoßenden Körpers (des Mittelpunktes seiner Masse) unter einem schiefen Richtungswinkel gegen die Fläche des gestoßenen Körpers gerichtet ist. Ein solcher schiefer Stoß läßt sich (nach §. 17.) in zwey Kräfte zerlegen, wovon die eine mit der gestoßenen Fläche parallel ist und daher verloren geht, die andere wirksame aber senkrecht auf die gestoßene Fläche. Aus diesen beyden Kräften ist die schiefe Richtung als entstanden anzusehen, und diese schiefe Richtung kann man nun als Diagonale eines Parallelograms betrachten, dessen Seiten die zwey Richtungen jener Kräfte sind.

Gesetzt, ac Fig. 4. Taf. I. bezeichne die Richtung eines schiefen Stoßes gegen die Fläche fe. Hier ist x der Richtungswinkel gegen die Fläche fe. Zieht man ea und cd perpendikulär auf ef, und ad parallel mit ec, so ist ad der unwirksame, ea der wirksame Theil der Kraft, und ac, die Richtung des Stoßes, ist die Diagonale des Parallelograms $aecd$.

Stößt nun ein elastischer Körper a unter einen schiefen Richtungswinkel x gegen eine harte Fläche, so prallt er mit der anstoßenden Geschwindigkeit und unter dem gleich großen Winkel $y(=x)$ zurück. Ist er nämlich in der Diagonale ac des Parallelograms $aecd$ bey c

angekommen, so wird er vermöge seiner Trägheit nach f und vermöge der Zurückwerfung nach d getrieben; aus diesen beyden Richtungen $cf = ec$, und $cd = fb = ea$ entsteht die mittlere Richtung cb, in welcher der Körper zurückprallt. Da die Dreyecke aec und bfc einander gleich sind, so ist auch der Winkel y dem Winkel x gleich, d. h. der Zurückprallwinkel (der Reflexionswinkel) ist dem Einfallswinkel gleich.

Wenn die gestoßene Fläche eines Körpers krumm ist (z. B. kugelartig, elliptisch rc.), so sieht man den getroffenen Theil als eine sehr kleine Ebene an und dann verändern sich jene Gesetze gar nicht.

§. 31.

Bey gestoßenen weichen Körpern findet in so ferne eine Aenderung jenes Gesetzes statt, daß, je weicher der Körper ist, desto mehr von dem Momente des Stoßes darauf verwandt wird, die Gestalt des weichen Körpers zu ändern. Davon bekommt der stoßende Körper aus Mangel an Elasticität nichts zurück. Bey sehr weichen Körpern kann gar wohl das ganze Moment des Stoßes darauf verwandt werden.

Stößt ein harter Körper gegen eine weiche ruhende Masse, welche dem Eindringen gleich stark widersteht und ihm in gleichen Zeiten gleiche Geschwindigkeiten raubt, so bewirkt dieses eine gleichförmig verzögerte Bewegung. Alsdann muß sich der in der weichen Masse durchlaufene Raum oder die Tiefe des gestoßenen Lochs, auf eine ähnliche Art, wie beym Steigen der Körper verhalten, nämlich wie das Quadrat der Geschwindigkeit, mit welcher der Körper einzudringen anfängt. Unter übrigens gleichen Umständen wird aber

auch ein fallender Körper von größerm Gewicht verhältnißmäßig tiefer eindringen. Daher verhalten sich, bey einerley Gestalt der eindringenden Körper, die Tiefen der Löcher wie die Quadrate der Geschwindigkeiten multiplicirt mit den Gewichten.

Bey den Rammmaschinen findet dieser Satz eine Anwendung.

II. Die mechanischen Potenzen.

1. Der Hebel.

§. 32.

Den inmateriellen Hebel, mathematischen oder idealischen Hebel bildet in unserer Vorstellung jede unbiegsame gerade Linie, welche in irgend einem Punkte so unterstützt ist, daß sie sich um diesen Punkt drehen kann. Liegt jener Punkt, der Unterstützungspunkt oder Umdrehungspunkt, zwischen den beyden Enden der Linie, so hat der Hebel zwey Arme und dann heißt er zweyarmiger Hebel, Hebel der ersten Art (Vectis heterodromus); fällt aber der Unterstützungspunkt in den einen Endpunkt der Linie, so ist der Hebel ein einarmiger Hebel, ein Hebel der andern Art (Vectis homodromus). — Von seinem vielfachen Gebrauch zum Lasten-Heben hat der Hebel seinen Namen bekommen.

§. 33.

Bey einem Hebel der ersten Art kann der Unterstützungspunkt in der Mitte liegen, wie Fig. 5. Taf. I. und dann ist der Hebel gleicharmig, folglich $AC = BC$. Zieht man das eine Ende A eines solchen He-

bels nieder, so steigt das andere Ende *B* eben so hoch empor. Gesetzt, der Hebel *AB* wäre dadurch in die Lage *DE* gekommen; alsdann haben die beyden Enden *A* und *B* in einerley Bewegungs-Zeit gleich große Bögen $AD = BE$ zurückgelegt; folglich ist auch die Geschwindigkeit der Punkte *A* und *B* gleich.

Steht der Hebel *AB* horizontal und hängt man gleiche Gewichte $P = Q$ an die Enden *A* und *B*, so bleibt der Hebel horizontal oder im Gleichgewicht. Das Produkt der Masse mit der Geschwindigkeit bildet auch hier das statische Moment und dieses Moment ist unter jenen Umständen hier gleich. An *A* und *B* wirken gleiche Kräfte, wovon die eine den Hebel nach der einen, die andere ihn nach der entgegengesetzten Richtung um den Unterstützungspunkt drehen will; beyde entgegengesetzte Kräfte heben sich gegen einander auf und der Hebel muß wohl in Ruhe bleiben, oder wieder in Ruhe kommen, wenn er durch eine fremde Kraft aus der Ruhe herausgebracht worden ist.

§. 34.

Wenn an dem gleicharmigen Hebel auf beyden Armen mehrere gleiche Gewichte in gleichen Entfernungen vom Unterstützungspunkte, folglich nach einerley Ordnung wirken, so muß das Gleichgewicht ebenfalls bleiben. Ist z. B. Fig. 6. nicht blos $CA = CB$, $P = Q$, sondern auch $Ca = Cb$, $Cd = Ce$, $p = q$, $r = s$, so sind auch die statischen Momente wieder gleich und die gleichen entgegengesetzten Kräfte wieder da, folglich kann der Hebel an keiner Seite das Uebergewicht bekommen.

Befindet sich, statt der herabhängenden Gewichte *P* und *Q*, *p* und *q*, *r* und *s*, auf der Linie *AB* überall Materie, so ist der Hebel ein **materieller Hebel** oder **physischer Hebel**. Auch ein solcher physischer gleicharmiger Hebel wird im Gleichgewicht seyn, wenn sowohl *CA*, als *CB*, in gleicher Entfernung von *C* gleich viele Materie enthält, wenn *AB* etwa eine überall gleich dichte, gleich breite und gleich dicke Metallstange ist. Die Unterlage oder Unterstützung des Umdrehungspunktes (Hypomochlium) kann aus einer schmalen Fläche bestehen, aber auch aus Zapfen, die in Lagern spielen. Oft werden diese Lager von oben vermittelst eines Klobens, einer Scheere oder einer Schnur gehalten.

Die Gesetze des mathematischen Hebels gehen begreiflich auch auf den physischen über. Bey der **gleicharmigen Waage** (**gemeinen Waage** oder **Krämerwaage**) sehen wir den Hebel der ersten Art angewandt. — Von den an dem Hebel wirkenden Gewichten pflegt man das eine **Kraft**, das andere **Last** zu nennen.

§. 35.

Liegt bey dem zweyarmigen Hebel der Unterstützungspunkt nicht in der Mitte, ist folglich die Länge der Arme ungleich, so können **gleiche** an den Enden wirkende Gewichte nicht mit einander ins Gleichgewicht kommen. Alsdann sind bey der Bewegung des Hebels um seinen Umdrehungspunkt die in gleichen Zeiten von den Enden des Hebels beschriebenen Bögen ungleich, folglich ist auch die Geschwindigkeit der Endpunkte ungleich.

Gesetzt *AC* Fig. 7. wäre zweymal so lang als *BC*, und der Hebel würde aus der Lage *AB* in die Lage *DE* gebracht. Alsdann würde das Ende *A* des längern

Arms in derselben Zeit den Bogen AD beschreiben, in welcher das Ende B des kürzern Arms den nur halb so großen Bogen BE zurücklegt. Weil nämlich das Dreyeck ACD dem Dreyecke BCE ähnlich ist und in ähnlichen Dreyecken die ähnlich liegenden Seiten proportional sind, folglich $AC = DC = 2BC = 2EC$, so muß auch $AD = 2BE$ seyn. Da nun der doppelt so große Weg AD in derselben Zeit zurückgelegt wird, in welcher B den Weg BE durchstreicht, so muß auch die Geschwindigkeit des Punktes A doppelt so groß als die Geschwindigkeit des Punktes B seyn. Ist die Geschwindigkeit einer Masse doppelt so groß, so hat sie auch eine doppelte Wirkung.

Wenn $P = Q$, die Geschwindigkeit von $A = 2$, von $B = 1$, so ist das Moment von $A = 2P = 2Q$, von $B = 1P = 1Q$, folglich verhalten sich ihre Momente wie $2 : 1$.

§. 36.

Sollen aber die Momente auf beyden Seiten des ungleicharmigen Hebels gleich seyn, so müssen sich **die Gewichte umgekehrt verhalten wie die Längen der Arme.** Dann wird

$$P . AC = Q . BC. \text{ Es muß also}$$

$$AC : BC = Q : P,$$

wo

$$P . AC = Q . BC.$$

Das heißt: das Gewicht P muß so vielmal geringer seyn, als das andere Q, so vielmal der Arm AC länger ist, als der andere Arm BC.

Wenn daher AC viermal so lang ist, als BC, so muß das an A hängende Gewicht P $\frac{1}{4}$ von dem an B hängenden Gewicht Q betragen oder es muß $= 1$ seyn,

wenn das Gewicht $P = 4$ ist; denn es muß $AC.P = BC.Q$, oder $4.1 = 1.4$, sobald ein Gleichgewicht statt finden soll. Ist AC achtmal so lang als BC, so hält ein achtmal geringeres Gewicht P mit dem Gewichte Q das Gleichgewicht ꝛc. Je mehrmal der längere Hebelsarm den kürzern an Länge übertrifft, desto kleiner braucht das daran hängende Gewicht oder die daran wirkende Kraft zu seyn, um mit dem am kurzen Hebelsarme hängenden Gewichte (der Last) das Gleichgewicht zu halten.

Auf diese Art würde, wenn AC zweymal, viermal, achtmal, sechszehnmal ꝛc. länger als BC wäre, ein an A hängendes Gewicht P von 1 Pfunde, mit einem an B hängenden Gewichte von 2, 4, 8, 16 ꝛc. Pfunden das Gleichgewicht halten.

§. 37.

Ist der ungleicharmige Hebel der ersten Art ein physischer Hebel, z. B. eine bey C Fig. 7. unterstützte oder aufgehängte Metallstange, so muß man sich wieder die Materie selbst, an jeder Stelle vom Unterstützungspunkte als Gewichte denken. Die Wirkung derselben in unterschiedlichen Entfernungen vom Unterstützungspunkte fließt dann aus den obigen Gesetzen (§. 35. 36.) ab. Daher muß z. B., schon ehe man Kraft und Last, P und Q, gehörig mit dem Hebel verbindet, der kurze Hebelsarm dicker seyn, als der lange, oder es müssen sich bey B mehr materielle Theile befinden, als bey A, damit der Hebel schon ohne die Gewichte P und Q das Gleichgewicht habe.

Die **Schnellwaage**, **Schnappwaage** oder **Römische Waage** ist ein solcher ungleicharmiger physischer Hebel.

An den kurzen Hebelsarm hängt man die zu wägende Waare (die Last); an dem langen Arme aber läßt sich ein Gegengewicht oder Läufer (die Kraft), so lange hin und her schieben, bis das Gleichgewicht statt findet. Der kurze Hebelsarm ist 10, 20, 30, 40, 50, 80 und mehrere Male in dem langen enthalten, je nachdem man mit dem Gegengewichte weniger oder mehr will wägen können. Die Entfernung des Gegengewichts vom Unterstützungspunkte oder Aufhängepunkte der Waage zeigt immer die Länge des langen Hebelsarms an und die mit Ziffern bezeichnete Abtheilung, worin das Gegengewicht hängt, das Vielfache dieser Länge und die Pfundezahl der zu wägenden Waare.

Als ungleicharmige Hebel der ersten Art wirken auch viele unserer gemeinsten Werkzeuge und Geräthschaften, z. B. die Hebebäume, Brecheisen, Schaufeln, Scheeren, Zangen, Bohrer, Schlüssel u. s. w. Der kürzere Hebelsarm ist mit der Last oder mit dem zu überwindenden Widerstande in Verbindung gesetzt; an dem längern aber wird die Kraft applicirt. — Auch beym Tragen von Lasten an Stangen findet dasselbe Verhältniß der Kraft zur Last statt. Man kann daher, wenn zwey Menschen von verschiedener Stärke die Last tragen, leicht die Stelle für die Last finden, wo beyde Menschen gleiche Beschwerden haben werden.

§. 38.

Wenn die Kraft P Fig. 7. Taf. I. an dem Ende A des langen, die Last Q an dem Ende B des kurzen Hebelsarms wirkt, so verhält sich der Weg der Kraft zum Wege der Last wie die Last zur Kraft. Es verhält sich nämlich der

$$\text{Bog. } AD : \text{Bog. } AE = Q : P.$$

Ist daher $AC = 2BC$, folglich auch $AD = 2BE$, so legt P in einerley Zeit einen doppelt so großen Weg als Q zurück. Wäre $AC = 8.BC$, so würde der Weg der

Kraft P achtmal so groß seyn, als der Weg der Last Q; u. s. f.

Je länger daher der Hebelsarm der Kraft gegen den Hebelsarm der Last ist, desto kleiner ist der Weg der Last bey einem gewissen Wege der Kraft. Dieses muß allerdings beym Heben von schweren Lasten mittelst einfacher Hebebäume Beschwerlichkeiten in Anbringung der Kraft nach sich ziehen.

Um mittelst eines Hebebaums, dessen langer Hebelsarm zwanzigmal länger ist als der kurze, eine Last nur 1 Fuß hoch emporzuheben, so müßte die Kraft das Ende des langen Arms 20 Fuß niederdrücken. Die daraus entspringenden Beschwerlichkeiten sind wohl einleuchtend. Durch die Hebladen sucht man diesen Beschwerlichkeiten abzuhelfen.

§. 39.

Ein Hebel der andern Art, oder einarmiger Hebel, der sich frey um seinen einen Endpunkt dreht, ist Fig. 8. Taf. I. dargestellt. Der Hebel CB hat seinen Umdrehungspunkt in C. Wäre CB zweymal so lang als CA, so müßte die Geschwindigkeit des Punktes B auch doppelt so groß seyn, als die Geschwindigkeit des Punktes A, und zwey gleiche Gewichte $Q = P$ oder zwey gleiche Kräfte können an einem solchen Hebel nur dann das Gleichgewicht bewirken, wenn sie den Hebel in gleichen Entfernungen CA vom Unterstützungspunkte nach entgegengesetzten Seiten zu drehen sich bestreben, die Kraft z. B. hinaufwärts wirkt, während die gleiche Last ihn herunterwärts zieht. Wirkt aber eine Kraft P in der doppelten Entfernung CB vom Unterstützungspunkte C, während die gleiche Kraft (oder Last) Q in der einfachen Entfernung CA nach der ent-

gegengesetzten Richtung wirkt, so kann auch beym Hebel der andern Art kein Gleichgewicht statt finden. Dieses erfolgt (eben so wie beym Hebel der ersten Art) nur dann, wenn $Q = 2P$, oder $P = \frac{1}{2}Q$. Denn auch hier müssen die Momente am langen Hebelsarme den Momenten am kurzen Arme gleich seyn; es muß $P.CB = Q.CA$; und dies ist auch hier der Fall, wenn Kraft und Last (z. B. P und Q) sich umgekehrt verhalten wie ihre Entfernungen vom Unterstützungspunkte. Es muß also

$$P : Q = CA : CB.$$

Alsdann ist $P.CB = Q.CA$.

Wäre CB Fig. 9. zwölfmal so lang als CA, so müßte P für das Gleichgewicht nur $\frac{1}{12}Q$, oder Q müßte $= 12P$ seyn. Alsdann ist wieder $P.CB = Q.CA$ ($1.12 = 12.1$). Bey A können Muskelkräfte hinaufwärts ziehen, während bey B eine Last hinunterwärts drückt. Es kann aber auch bey A ein Gewicht hinaufwärts wirken, wenn dasselbe an einer Schnur (an einem Seile u. d. gl.) hängt, welche um eine Rolle geschlagen ist. — Wie beym Hebel der ersten Art sind auch beim einarmigen Hebel die Gesetze des mathematischen Hebels auf den physischen anzuwenden.

Bey manchen Maschinerien, z. B. bey Schiebkarren, bey Roßmühlen, bey Hammerwerken rc. kommt der einarmige Hebel vor. Auch die menschlichen Arme wirken als solche, sowie die Finger und überhaupt die Knochen des menschlichen Körpers rc.

§. 40.

Oft verbindet man mehrere physische Hebel so mit einander, daß der Angriffspunkt der Kraft des einen

wieder als Last auf den andern wirkt, der Angriffspunkt der Kraft des andern wieder als Last auf den dritten, u. s. f. Eine solche Verbindung von Hebeln nennt man einen zusammengesetzten Hebel. Ein solcher zusammengesetzter Hebel ist Fig. 10. Taf. I. dargestellt. Der lange Hebelsarm CB des Hebels AB drückt unter den kurzen Hebelsarm FD des Hebels DE; und der lange Hebelsarm FE dieses Hebels drückt wieder auf den kurzen Hebelsarm JE des Hebels EH. Wäre AB allein da und wäre $BC = 4AC$, so müßte das an B hängende P für das Gleichgewicht $= \frac{1}{4}Q$ seyn. Mit dieser Gewalt wirkt das Ende B dieses Hebels auf das Ende D des andern Hebels. Man kann sich also an dieses Ende eine Kraft $= \frac{1}{4}Q$ hinverpflanzt gedenken. Ist nun der lange Arm FE dieses Hebels wieder $= 4DF$, so wird auch wieder das Gleichgewicht statt finden, wenn die an E wirkende Kraft $= \frac{1}{4}$ von der an D wirkenden, folglich $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ von der an A wirkenden ist. Bey zwey solchen Hebeln balancirt also an E eine Kraft $= \frac{1}{16}Q$ mit dem an A hängenden Gewichte Q. Dieselbe Kraft wirkt nun wieder auf das Ende E des Hebels EH und sucht dieses Ende niederzudrücken. Ihr hält die Kraft P am Ende H des langen Arms JH das Gleichgewicht. Ist JH wieder viermal so lang, so muß $P = \frac{1}{4}$ von der an E, folglich $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{16} = \frac{1}{64}$ von der an A wirkenden Kraft oder Last Q seyn. — Also hält bey diesen drey Hebeln eine Kraft P von 1 Pfunde mit der Last Q von 64 Pfunden das Gleichgewicht.

Betrachtet man dieses Gesetz am zusammengesetzten Hebel genauer, so sieht man leicht, daß hier die Kraft

im umgekehrten zusammengesetzten Verhältniß der Längen der Hebelsarme steht, oder daß

$$
\begin{array}{r}
1 : 4 \\
P : Q = 1 : 4 \\
1 : 4 \\
\hline
1 : 4^3 = 1 : 64.
\end{array}
$$

Auf diese Weise könnte also mittelst sechs zusammengesetzter Hebel, bey deren jedem der lange Hebelsarm zehnmal länger wäre als der kurze, eine Kraft von 1 Pfunde einer Last von 1 Million Pfunden das Gleichgewicht halten, weil da die Kraft zur Last sich wie $1 : 10^6 = 1 : 1000000$ verhielte. — Hauptsächlich bey Flaschenzügen und Räderwerken kommt die Anwendung solcher zusammengesetzter Hebel vor.

§. 41.

Ein Winkel *acb* Fig. 11. Taf. I., welcher sich um seinen Scheitel *c* dreht, indem an den Enden *a* und *b* seiner Schenkel Kräfte (oder Kraft und Last) wirken, bildet den sogenannten Winkelhebel. Die Gesetze dieses Hebels müssen unter zwey Gesichtspunkten betrachtet werden: einmal, wenn die Kräfte *P* und *Q* senkrecht, und das anderemal wenn sie schief auf die Hebelsarme wirken.

Wenn die Kräfte *P* und *Q* senkrecht auf die Enden des Winkelhebels wirken, so muß man, um für den Zustand des Gleichgewichts das Verhältniß der Kräfte zu finden, aus dem Scheitel *c* des Winkels Kreise mit den Schenkeln *ca* und *cb* beschrieben und die Kräfte *P* und *Q* an die Umfänge dieser Kreise übergeführt sich vorstellen. Wirkte dann in *d* eine Kraft $p = P$ der Kraft *P* entgegen, und in *e* eine Kraft $q = Q$ der Kraft *Q* entgegen, so muß wohl Alles im Gleichgewicht seyn.

Der Halbmesser *cb* kann nämlich nicht herunterwärts gedreht werden, ohne daß *cd* hinaufwärts gedreht wird. Natürlich wirkt deswegen die Kraft in *b* zur Umdrehung des Kreises eben so, als die Kraft in *f*. Weil nun *f* mit *d* im Gleichgewicht ist, so muß auch *b* mit *d* im Gleichgewicht seyn, oder es müssen die an *b* und *d* wirkenden gleichen Gewichte *P* und *p* mit einander balanciren. Eben so sind unter obiger Voraussetzung auch *e* und *a* oder vielmehr die daran wirkenden Gewichte *q* und *Q* im Gleichgewicht. Sollen aber *p* und *q* mit einander im Gleichgewicht seyn, so muß

$$p : q = ce : cd$$

In diesem Falle müßten begreiflich auch *P* und *Q* für sich im Gleichgewicht seyn, weil alle vier Kräfte im Gleichgewicht sind. Weil nun $P = p$, $Q = q$, so hat man

$$P : Q = ce : cd, \text{ folglich auch}$$
$$P : Q = ca : cb.$$

Wenn also an den Armen *ca*, *cb* des Winkelhebels die Kräfte senkrecht wirken, so findet auch bey dem Winkelhebel dasselbe Gesetz des Gleichgewichts, wie bey dem geradlinigten Hebel, statt, nämlich die Kräfte (oder Kraft und Last) verhalten sich umgekehrt wie die Längen der Hebelsarme.

§. 42.

Gesetzt, zwey Kräfte *P* und *Q* wirken schief auf einen Winkelhebel *acb* Fig. 12. und zwar so, daß ihre Richtungslinien in der Ebene *acb* liegen, so hat man nur folgendes zu bedenken, um das Verhältniß *P* : *Q* für das Gleichgewicht zu finden.

Begreiflich ist es für die Umdrehung der Ebene *acb* ganz einerley, in welchem Punkte der Richtungslinien *ha*, *hb* man die Kräfte *P* und *Q* (Kraft und Last) wirken läßt. Fällt man von dem Umdrehungspunkte *c* die Perpendikel *ce*, *cd* auf die Richtungslinien der Kräfte *P* und *Q*, und denkt man sich die Kräfte in den Punkten *d* und *e* wirkend, so bekommt man in der festen Ebene *hPQ* einen andern Winkelhebel *dce*. Auf diesen wirken nun die Kräfte *P* und *Q* senkrecht. Die Kräfte *P* und *Q* sind hier mit einander im Gleichgewicht, wenn sie sich wie *ce* : *cd* verhalten. Daher sind *P* und *Q* auch an dem Winkelhebel *acb* im Gleichgewicht, wenn sie sich umgekehrt wie die von dem Umdrehungspunkte auf die Richtung der Kräfte gefällten Perpendikel verhalten, folglich

$$P : Q = ce : cd.$$

Denkt man sich *cg* parallel mit *hP* und *cf* parallel mit *hQ*, so bekommt man ein Parallelogram *cghf*. Die von dem Punkte *h* aus wirkenden Kräfte *P* und *Q* sind nun mit einander im Gleichgewicht, wenn sie sich wie die Seiten des Parallelograms *hf* : *hg* verhalten. Denn diese Seiten geben ihre Richtung an. Weil nämlich die rechtwinklichten Dreyecke *cfd* und *cge* wegen der gleichen Winkel bey *g* und *f* einander ähnlich sind, so finden folgende Proportionen statt:

$$cg : cf = ce : cd; \text{ und}$$

im Parallelogramme *cgfh*

$$cg : cf = hf : hg.$$

Daher auch $ce : cd = hf : hg$,

und weil $P : Q = ce : cd$,

so auch $P : Q = hf : hg$.

Einander entgegengesetzt sind die Kräfte P und Q nur in Hinsicht ihres Bestrebens, die Ebene um den Punkt c zu drehen. Aus ihrer vereinten Wirkung entsteht aber ein Druck auf die Unterstützung in c nach der Richtung hc oder nach der Diagonale des Parallelogrammes $fcgh$. Diesen Druck nennt man die mittlere Kraft zum Unterschiede der Seitenkräfte P und Q.

Die einfachste Anwendung des Winkelhebels sieht man bey den Schellenzügen. Sie kommt aber auch bey manchen künstlichen Apparaten, z. B. in Sägemühlen, Drahtmühlen ꝛc. vor; auch bey den Stangenkünsten oder Feldgestängen, wenn diese zum Betrieb von Berg- und Salzwerksmaschinen über einen Berg oder um einen Berg herum schieben müssen.

2. Das Rad an der Welle.

§. 43.

Wenn ein Cylinder an seinen beyden Enden ein Paar kleinere Cylinder, sogenannte Zapfen enthält, welche mit dem Hauptcylinder eine gemeinschaftliche Achse haben und welche, indem sie in Lagern liegen, mit dem Hauptcylinder um ihre Achse sich drehen können, so hat man eine Welle. Ist diese Welle mit einer Scheibe, einem Rade, mit kreuzweisen Stöcken u. d. gl. so verbunden, daß die Welle durch die Mitte der Scheibe, des Rades, des Vereinigungspunktes der Stöcke ꝛc. geht, so bildet sie das Rad an der Welle (Axis in peritrochio). Die Kraft wirkt an dem Umfange der Scheibe oder des Rades, oder an den Enden der Stöcke, die Last hingegen wirkt an dem Umfange der Welle. Sind Stöcke an der Welle, so beschreiben

diese bey Umdrehung des Cylinders in der Luft ein Rad, und so rechtfertigen auch sie den Namen der Vorrichtung.

Stellt Fig. 13. Taf. I. das Rad an der Welle vor, so ist *ac* der Halbmesser der Welle, *bc* der Halbmesser des Rades. Gesetzt, um die Peripherie der Welle sey ein Seil geschlagen, wovon eine Last *Q* herabhängt, und an dem Umfange des Rades ziehe eine Kraft *P*. Wirkten nun Kraft und Last stets nach Tangenten des Rades, so würden sie sich für den Zustand des Gleichgewichts immer verhalten wie *ca* : *cb* oder wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades. Wenn aber die Kraft nach einer schiefen Richtung *bd* wirkte, so würde ihr Moment *P.ce* kleiner seyn, als *P.cb*, wo sie nach der Tangente wirkte. Denn nun hätte man einen Winkelhebel *ace*, dessen Arme *ac* und *ec* wären (§. 41.). Sehr leicht läßt sich daher die ganze Theorie des Rades an der Welle auf die Theorie des Hebels zurückführen. Man sieht nämlich die Halbmesser des Rades und der Welle, wie *bc* und *ac* Fig. 13., als Arme eines Hebels der ersten Art an, die einen gemeinschaftlichen Umdrehungspunkt *c* haben. Die Anwendung der Gesetze des Hebels (§. 35. 36.) springen dann in die Augen. Man schließt folglich auch hier: So viele Male der Halbmesser des Rades (der lange Hebelsarm) größer ist als der Halbmesser der Welle (der kurze Hebelsarm), so viele Mal geringer braucht die am Umfange des Rades wirkende Kraft gegen die am Umfange der Welle wirkende Last zu seyn, wenn beyde das Gleichgewicht halten sollen. Je größer daher, bey einerley Dicke der Welle, der Halbmesser oder Durchmesser des Rades ist, desto mehr Kraft spart man zur

Kraft P achtmal so groß seyn, als der Weg der Last Q; u. s. f.

Je länger daher der Hebelsarm der Kraft gegen den Hebelsarm der Last ist, desto kleiner ist der Weg der Last bey einem gewissen Wege der Kraft. Dieses muß allerdings beym Heben von schweren Lasten mittelst einfacher Hebebäume Beschwerlichkeiten in Anbringung der Kraft nach sich ziehen.

Um mittelst eines Hebebaums, dessen langer Hebelsarm zwanzigmal länger ist als der kurze, eine Last nur 1 Fuß hoch emporzuheben, so müßte die Kraft das Ende des langen Arms 20 Fuß niederdrücken. Die daraus entspringenden Beschwerlichkeiten sind wohl einleuchtend. Durch die **Hebladen** sucht man diesen Beschwerlichkeiten abzuhelfen.

§. 39.

Ein **Hebel der andern Art**, oder **einarmiger Hebel**, der sich frey um seinen einen Endpunkt dreht, ist Fig. 3. Taf. I. dargestellt. Der Hebel CB hat seinen Umdrehungspunkt in C. Wäre CB zweymal so lang als CA, so müßte die Geschwindigkeit des Punktes B auch doppelt so groß seyn, als die Geschwindigkeit des Punktes A, und zwey gleiche Gewichte $Q = P$ oder zwey **gleiche Kräfte** können an einem solchen Hebel nur dann das Gleichgewicht bewirken, wenn sie den Hebel in **gleichen Entfernungen** CA vom Unterstützungspunkte nach entgegengesetzten Seiten zu drehen sich bestreben, die Kraft z. B. hinaufwärts wirkt, während die gleiche Last ihn herunterwärts zieht. Wirkt aber eine Kraft P in der doppelten Entfernung CB vom Unterstützungspunkte C, während die gleiche Kraft (oder Last) Q in der einfachen Entfernung CA nach der ent-

gegengesetzten Richtung wirkt, so kann auch beym Hebel der andern Art kein Gleichgewicht statt finden. Dieses erfolgt (eben so wie beym Hebel der ersten Art) nur dann, wenn $Q = 2P$, oder $P = \frac{1}{2}Q$. Denn auch hier müssen die Momente am langen Hebelsarme den Momenten am kurzen Arme gleich seyn; es muß $P.CB = Q.CA$; und dies ist auch hier der Fall, wenn Kraft und Last (z. B. P und Q) sich umgekehrt verhalten wie ihre Entfernungen vom Unterstützungspunkte. Es muß also

$$P : Q = CA : CB.$$

Alsdann ist $P.CB = Q.CA$.

Wäre CB Fig. 9. zwölfmal so lang als CA, so müßte P für das Gleichgewicht nur $\frac{1}{12}Q$, oder Q müßte $= 12P$ seyn. Alsdann ist wieder $P.CB = Q.CA$ ($1.12 = 12.1$). Bey A können Muskelkräfte hinaufwärts ziehen, während bey B eine Last hinunterwärts drückt. Es kann aber auch bey A ein Gewicht hinaufwärts wirken, wenn dasselbe an einer Schnur (an einem Seile u. d. gl.) hängt, welche um eine Rolle geschlagen ist. — Wie beym Hebel der ersten Art sind auch beim einarmigen Hebel die Gesetze des mathematischen Hebels auf den physischen anzuwenden.

Bey manchen Maschinerien, z. B. bey Schiebkarren, bey Roßmühlen, bey Hammerwerken rc. kommt der einarmige Hebel vor. Auch die menschlichen Arme wirken als solche, sowie die Finger und überhaupt die Knochen des menschlichen Körpers rc.

§. 40.

Oft verbindet man mehrere physische Hebel so mit einander, daß der Angriffspunkt der Kraft des einen

wieder als Last auf den andern wirkt, der Angriffspunkt der Kraft des andern wieder als Last auf den dritten, u. s. f. Eine solche Verbindung von Hebeln nennt man einen **zusammengesetzten Hebel**. Ein solcher zusammengesetzter Hebel ist Fig. 10. Taf. I. dargestellt. Der lange Hebelsarm *CB* des Hebels *AB* drückt **unter** den kurzen Hebelsarm *FD* des Hebels *DE*; und der lange Hebelsarm *FE* dieses Hebels drückt wieder **auf** den kurzen Hebelsarm *JE* des Hebels *EH*. Wäre *AB* allein da und wäre $BC = 4AC$, so müßte das an *B* hängende *P* für das Gleichgewicht $= \frac{1}{4}Q$ seyn. Mit dieser Gewalt wirkt das Ende *B* dieses Hebels auf das Ende *D* des andern Hebels. Man kann sich also an dieses Ende eine Kraft $= \frac{1}{4}Q$ hinverpflanzt gedenken. Ist nun der lange Arm *FE* dieses Hebels wieder $= 4DF$, so wird auch wieder das Gleichgewicht statt finden, wenn die an *E* wirkende Kraft $= \frac{1}{4}$ von der an *D* wirkenden, folglich $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ von der an *A* wirkenden ist. Bey zwey solchen Hebeln balancirt also an *E* eine Kraft $= \frac{1}{16}Q$ mit dem an *A* hängenden Gewichte *Q*. Dieselbe Kraft wirkt nun wieder auf das Ende *E* des Hebels *EH* und sucht dieses Ende niederzudrücken. Ihr hält die Kraft *P* am Ende *H* des langen Arms *JH* das Gleichgewicht. Ist *JH* wieder viermal so lang, so muß $P = \frac{1}{4}$ von der an *E*, folglich $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{16} = \frac{1}{64}$ von der an *A* wirkenden Kraft oder Last *Q* seyn. — Also hält bey diesen drey Hebeln eine Kraft *P* von 1 Pfunde mit der Last *Q* von 64 Pfunden das Gleichgewicht.

Betrachtet man dieses Gesetz am zusammengesetzten Hebel genauer, so sieht man leicht, daß hier die Kraft

im umgekehrten zusammengesetzten Verhältniß der Längen der Hebelsarme steht, oder daß

$$P : Q = \begin{array}{l} 1 : 4 \\ 1 : 4 \\ 1 : 4 \\ \hline 1 : 4^3 = 1 : 64. \end{array}$$

Auf diese Weise könnte also mittelst sechs zusammengesetzter Hebel, bey deren jedem der lange Hebelsarm zehnmal länger wäre als der kurze, eine Kraft von 1 Pfunde einer Last von 1 Million Pfunden das Gleichgewicht halten, weil da die Kraft zur Last sich wie $1 : 10^6 = 1 : 1000000$ verhielte. — Hauptsächlich bey Flaschenzügen und Räderwerken kommt die Anwendung solcher zusammengesetzter Hebel vor.

§. 41.

Ein Winkel *acb* Fig. 11. Taf. I., welcher sich um seinen Scheitel *c* dreht, indem an den Enden *a* und *b* seiner Schenkel Kräfte (oder Kraft und Last) wirken, bildet den sogenannten Winkelhebel. Die Gesetze dieses Hebels müssen unter zwey Gesichtspunkten betrachtet werden: einmal, wenn die Kräfte *P* und *Q* senkrecht, und das anderemal wenn sie schief auf die Hebelsarme wirken.

Wenn die Kräfte *P* und *Q* senkrecht auf die Enden des Winkelhebels wirken, so muß man, um für den Zustand des Gleichgewichts das Verhältniß der Kräfte zu finden, aus dem Scheitel *c* des Winkels Kreise mit den Schenkeln *ca* und *cb* beschrieben und die Kräfte *P* und *Q* an die Umfänge dieser Kreise übergeführt sich vorstellen. Wirkte dann in *d* eine Kraft $p = P$ der Kraft *P* entgegen, und in *e* eine Kraft $q = Q$ der Kraft *Q* entgegen, so muß wohl Alles im Gleichgewicht seyn.

Der Halbmesser cb kann nämlich nicht herunterwärts gedreht werden, ohne daß cd hinaufwärts gedreht wird. Natürlich wirkt deswegen die Kraft in b zur Umdrehung des Kreises eben so, als die Kraft in f. Weil nun f mit d im Gleichgewicht ist, so muß auch b mit d im Gleichgewicht seyn, oder es müssen die an b und d wirkenden gleichen Gewichte P und p mit einander balanciren. Eben so sind unter obiger Voraussetzung auch e und a oder vielmehr die daran wirkenden Gewichte q und Q im Gleichgewicht. Sollen aber p und q mit einander im Gleichgewicht seyn, so muß

$$p : q = ce : cd$$

In diesem Falle müßten begreiflich auch P und Q für sich im Gleichgewicht seyn, weil alle vier Kräfte im Gleichgewicht sind. Weil nun $P = p$, $Q = q$, so hat man

$$P : Q = ce : cd, \text{ folglich auch}$$
$$P : Q = ca : cb.$$

Wenn also an den Armen ca, cb des Winkelhebels die Kräfte senkrecht wirken, so findet auch bey dem Winkelhebel dasselbe Gesetz des Gleichgewichts, wie bey dem geradlinigten Hebel, statt, nämlich die Kräfte (oder Kraft und Last) verhalten sich umgekehrt wie die Längen der Hebelsarme.

§. 42.

Gesetzt, zwey Kräfte P und Q wirken schief auf einen Winkelhebel acb Fig. 12. und zwar so, daß ihre Richtungslinien in der Ebene acb liegen, so hat man nur folgendes zu bedenken, um das Verhältniß $P : Q$ für das Gleichgewicht zu finden.

Begreiflich ist es für die Umdrehung der Ebene acb ganz einerley, in welchem Punkte der Richtungslinien ha, hb man die Kräfte P und Q (Kraft und Last) wirken läßt. Fällt man von dem Umdrehungspunkte c die Perpendikel ce, cd auf die Richtungslinien der Kräfte P und Q, und denkt man sich die Kräfte in den Punkten d und e wirkend, so bekommt man in der festen Ebene hPQ einen andern Winkelhebel dce. Auf diesen wirken nun die Kräfte P und Q senkrecht. Die Kräfte P und Q sind hier mit einander im Gleichgewicht, wenn sie sich wie $ce : cd$ verhalten. Daher sind P und Q auch an dem Winkelhebel acb im Gleichgewicht, wenn sie sich umgekehrt wie die von dem Umdrehungspunkte auf die Richtung der Kräfte gefällten Perpendikel verhalten, folglich

$$P : Q = ce : cd.$$

Denkt man sich cg parallel mit hP und cf parallel mit hQ, so bekommt man ein Parallelogram $cghf$. Die von dem Punkte h aus wirkenden Kräfte P und Q sind nun mit einander im Gleichgewicht, wenn sie sich wie die Seiten des Parallelograms $hf : hg$ verhalten. Denn diese Seiten geben ihre Richtung an. Weil nämlich die rechtwinklichten Dreyecke cfd und cge wegen der gleichen Winkel bey g und f einander ähnlich sind, so finden folgende Proportionen statt:

$$cg : cf = ce : cd; \text{ und}$$

im Parallelogramme $cgfh$

$$cg : cf = hf : hg.$$

Daher auch $\quad ce : cd = hf : hg,$

und weil $\quad P : Q = ce : cd,$

so auch $\quad P : Q = hf : hg.$

Einander entgegengesetzt sind die Kräfte P und Q nur in Hinsicht ihres Bestrebens, die Ebene um den Punkt c zu drehen. Aus ihrer vereinten Wirkung entsteht aber ein Druck auf die Unterstützung in c nach der Richtung hc oder nach der Diagonale des Parallelogramms $fcgh$. Diesen Druck nennt man die mittlere Kraft zum Unterschiede der Seitenkräfte P und Q.

Die einfachste Anwendung des Winkelhebels sieht man bey den Schellenzügen. Sie kommt aber auch bey manchen künstlichen Apparaten, z. B. in Sägemühlen, Drahtmühlen ꝛc. vor; auch bey den Stangenkünsten oder Feldgestängen, wenn diese zum Betrieb von Berg- und Salzwerksmaschinen über einen Berg oder um einen Berg herum schieben müssen.

2. Das Rad an der Welle.

§. 43.

Wenn ein Cylinder an seinen beyden Enden ein Paar kleinere Cylinder, sogenannte Zapfen enthält, welche mit dem Hauptcylinder eine gemeinschaftliche Achse haben und welche, indem sie in Lagern liegen, mit dem Hauptcylinder um ihre Achse sich drehen können, so hat man eine Welle. Ist diese Welle mit einer Scheibe, einem Rade, mit kreuzweisen Stöcken u. d. gl. so verbunden, daß die Welle durch die Mitte der Scheibe, des Rades, des Vereinigungspunktes der Stöcke ꝛc. geht, so bildet sie das Rad an der Welle (Axis in peritrochio). Die Kraft wirkt an dem Umfange der Scheibe oder des Rades, oder an den Enden der Stöcke, die Last hingegen wirkt an dem Umfange der Welle. Sind Stöcke an der Welle, so beschreiben

diese bey Umdrehung des Cylinders in der Luft ein Rad, und so rechtfertigen auch sie den Namen der Vorrichtung.

Stellt Fig. 13. Taf. I. das Rad an der Welle vor, so ist *ac* der Halbmesser der Welle, *bc* der Halbmesser des Rades. Gesetzt, um die Peripherie der Welle sey ein Seil geschlagen, wovon eine Last *Q* herabhängt, und an dem Umfange des Rades ziehe eine Kraft *P*. Wirkten nun Kraft und Last stets nach Tangenten des Rades, so würden sie sich für den Zustand des Gleichgewichts immer verhalten wie *ca* : *cb* oder wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades. Wenn aber die Kraft nach einer schiefen Richtung *bd* wirkte, so würde ihr Moment *P.ce* kleiner seyn, als *P.cb*, wo sie nach der Tangente wirkte. Denn nun hätte man einen Winkelhebel *ace*, dessen Arme *ac* und *ec* wären (§. 41.). Sehr leicht läßt sich daher die ganze Theorie des Rades an der Welle auf die Theorie des Hebels zurückführen. Man sieht nämlich die Halbmesser des Rades und der Welle, wie *bc* und *ac* Fig. 13., als Arme eines Hebels der ersten Art an, die einen gemeinschaftlichen Umdrehungspunkt *c* haben. Die Anwendung der Gesetze des Hebels (§. 35. 36.) springen dann in die Augen. Man schließt folglich auch hier: So viele Male der Halbmesser des Rades (der lange Hebelsarm) größer ist als der Halbmesser der Welle (der kurze Hebelsarm), so viele Mal geringer braucht die am Umfange des Rades wirkende Kraft gegen die am Umfange der Welle wirkende Last zu seyn, wenn beyde das Gleichgewicht halten sollen. Je größer daher, bey einerley Dicke der Welle, der Halbmesser oder Durchmesser des Rades ist, desto mehr Kraft spart man zur

Ueberwältigung einer vom Umfange der Welle herabhängenden Last oder eines andern daselbst zu überwältigenden Widerstandes.

§. 44.

Ist beym Rade an der Welle die Richtung der Kraft gegen das Rad schief, d. h. macht diese Richtung mit dem Ende des Rad-Halbmessers einen schiefen Winkel, so geht immer ein Theil der Kraft ganz unnütz verloren. Dies sieht man deutlich an der Richtung *de* der Kraft *P*. Alsdann ist ja der Hebelsarm *ce* der Kraft kürzer, als *cb*, oder als der Halbmesser des Rades, wie es bey dem senkrechten Zuge der Fall war. Man muß daher immer, wo es nur möglich ist, eine solche schiefe Richtung vermeiden, wenn man mit der zu Gebote stehenden Kraft den größtmöglichen Effekt hervorbringen will. Ist die Dicke des Seils, woran die Last hängt, gegen den Halbmesser der Welle nicht unbeträchtlich, so muß man die halbe Dicke des Seils zu dem Halbmesser der Welle addiren, um den Hebelsarm der Last genauer zu erhalten. Dieses wird um desto nöthiger, je mehr die Dicke des Seils durch wiederholte Umwickelungen zunimmt.

Bey Umwickelungen von Seilen um Wellen hat auch die Beschaffenheit des Seils und die Dicke der Welle selbst ohne Rücksicht auf die Gesetze des Hebels, vielen Einfluß auf die Ersparniß und vortheilhafteste Anwendung der Kraft, welches späterhin erläutert werden soll.

§. 45.

Man darf den Halbmesser des Rades im Vergleich gegen den Halbmesser der Welle aus folgendem Grunde

nicht zu groß machen. Wenn das Rad einmal herumgekommen ist, so hat begreiflich die Kraft den Umfang des Rades, die Last den Umfang der Welle zurückgelegt. Daher verhält sich der Weg der Kraft zum Wege der Last wie der Umfang des Rades zum Umfange der Welle, oder wie der Durchmesser des Rades zum Durchmesser der Welle. Nun wird zwar allerdings durch Vergrößerung des Rad-Halbmessers Kraft gespart; aber nach dem eben angeführten Gesetze wird dadurch auch der Weg der Kraft vergrößert; oder, welches einerley ist, bey dem größern Wege der Kraft wird der Weg der Last verkleinert. Was man also an Kraft gewinnt, verliert man wieder an Geschwindigkeit der Last, oder an Zeit, weil nun das Emporheben der Last auf eine gewisse Höhe um so länger dauert, die Unbequemlichkeiten in Applicirung der Kraft rc. nicht mitgerechnet.

Die verschiedenen Arten von Winden, Haspeln und Göpeln, wie man sie hauptsächlich auf Bergwerken findet, geben die deutlichsten Beyspiele vom Rade an der Welle ab. Da man aber überhaupt schon ein Rad an der Welle hat, wenn eine in einer gewissen Entfernung von der Welle angebrachte Kraft die Welle umdreht und während dieser Umdrehung immer einerley Entfernung von der Welle behält, so finden die abgehandelten Gesetze bey allen denjenigen Maschinen Anwendung, wo die bewegende Kraft (sowohl die Kraft lebendiger, als lebloser Wesen) eine Welle stets um ihre Achse herumtreibt, wie bey Treträdern, gezahnten Rädern, Schwungrädern, Wagenrädern, Windflügeln u. s. w.

§. 46.

Mehrere gezahnte Räder verbindet man oft so mit

einander, daß die Zähne in einander greifen und dann alle in Bewegung kommen, wenn auf das eine die bewegende Kraft wirkt. Eine solche Verbindung von gezahnten Rädern nennt man ein Räderwerk. Gewöhnlich greift ein größeres Rad immer in ein kleineres, welches den Namen Getriebe oder Trilling führt. Dadurch bezweckt man allerley Vortheile für die Kraft und Geschwindigkeit. Denn eine solche Verbindung von Rädern wirkt ganz wie ein zusammengesetzter Hebel (§. 40.), auf dessen Theorie auch die Gesetze des Räderwerks sich gründen.

Wenn *A* Fig. 14. Taf. I. Rad oder eine Scheibe ist, an dessen Peripherie eine Kraft *P* wirkt, wenn die Achse dieser Scheibe ein Getriebe enthält, welches in ein zweytes Rad *B* eingreift, wenn an dieses zweyten Rades Achse wieder ein Getriebe festsitzt, das in ein drittes Rad *C* eingreift und wenn um die in der Mitte dieses Rades befindliche Welle ein Seil geschlagen ist, woran eine Last *Q* hängt, so wird das Gesetz für das Gleichgewicht der Kraft und Last aus folgender Darstellung einleuchtend werden.

Denkt man sich blos das Rad *C* mit seiner Welle und stellt man sich vor, an dem Ende *e* des Rad-Halbmessers *ef* wirke die Kraft, von dem Ende *g* des Halbmessers *fg* der Welle hänge die Last herab, so würde man einen ungleicharmigen Hebel *eg* der ersten Art haben, dessen Umdrehungspunkt sich in der Achse *f* befände. Daher verhielte sich dann für das Gleichgewicht die Kraft zur Last wie $gf : ef$. Nun zieht aber an *e* keine Kraft, welche mit *P* das Gleichgewicht hält, sondern Zähne greifen da in Zähne. Die zur Erhaltung

des Gleichgewichts an den Zähnen des Rades nöthige Kraft kann man begreiflich an den Umfang des Getriebes hinverpflanzt sich denken; alsdann hat man den zweyten Hebel *be*, woran der Halbmesser *bd* des Rades *B* der lange, der Halbmesser *ed* des Getriebes der kurze Hebelsarm ist. Mit der an *e* wirkenden Kraft balancirt nun an *b* eine so viele Mal geringere Kraft, so viele Mal *bd* größer ist als *ed*. Die Zähne des Rades *B* greifen in das Getriebe des Rades *A*. Man kann also die an *b* wirkende Kraft wieder an den Umfang des Getriebes hinverpflanzt sich vorstellen, folglich an das Ende *b* vom kurzen Arme *cb* des dritten Hebels *ab*. Mit dieser Kraft balancirt endlich eine an *a* wirkende Kraft, welche so viele Mal geringer ist als die Kraft an *b*, so viele Mal die Länge *ac* des großen Hebelsarms die Länge *bc* des kurzen übertrifft.

Wenn daher $ef = 10.gf$, $bd = 10.de$, $ac = 8.bc$, so verhält sich

$$P : Q = \begin{array}{l} 1 : 10 \\ 1 : 10 \\ \underline{1 : \;\; 8} \end{array}$$
$$= 1 : 800.$$

Die Kraft *P* von einem Pfunde könnte daher mit der Last *Q* von 800 Pfunden das Gleichgewicht halten. Zur Bewegung der Last durch die Kraft ist natürlich immer ein gewisser Ueberschuß nöthig. Dieser Ueberschuß könnte äußerst geringe seyn, wenn sich der Bewegung weiter kein Hinderniß entgegensetzte.

3. Die Rolle.

§. 47.

Unter Rolle versteht man eine um ihren Mittelpunkt bewegliche kreisrunde Scheibe, deren Peripherie

ein Seil enthält. An dem einen Ende des Seils hängt eine Last; auf der andern Seite zieht eine Kraft an dem Seile, um die Last zu überwältigen. Läßt sich die Rolle um ihre Achse drehen, ohne daß die Achse selbst aus ihrer Stelle rückt, so ist die Rolle eine feste, unbewegliche, einfache Rolle oder Rolle der ersten Art; wenn sie aber mit ihrer Achse und mit der an ihr hängenden Last zugleich bewegt werden kann, so ist sie eine lose Rolle, bewegliche Rolle, Zugrolle oder Rolle der andern Art.

Die Rolle ist entweder von Holz oder von Metall gemacht. Oft ist sie massiv, zuweilen aber auch durchbrochen. Im letztern Falle bildet ein hinlänglich starker Ring oder Kranz ihre Peripherie mit einer Rinne, worin das Seil liegt. Ein runder eiserner Bolzen macht die Achse aus; in den Löchern eines Klobens oder einer Scheere, welche die Rolle umschließt, läuft dieser Bolzen.

§. 48.

Die Theorie der Rolle läßt sich gleichfalls auf die Theorie des Hebels zurückführen. Die einfache Rolle Fig. 15. Taf. I. bildet einen Hebel der ersten Art *ab*, der seinen Umdrehungspunkt *c* im Mittelpunkte der Rolle hat. An einer solchen Rolle stehen daher nur gleiche von den Enden *a* und *b* herunterhängende Gewichte *P* und *Q* im Gleichgewicht. Zur eigentlichen Ersparniß von Kraft kann daher die einfache Rolle nicht dienen, sondern nur zur bequemern Anbringung der Kraft und zur bessern Leitung der Last. Aus diesem Grunde wendet man auch häufig die einfache Rolle an, um Lasten senkrecht in die Höhe zu ziehen. Das um die Rolle geschlagene Seil hängt auf der einen Seite mit

der Last herab; an der andern Seite überzieht die Kraft an dem Seile. Gewöhnlich ist es die Kraft des Menschen, welche man bey solchen Rollen anwendet; und für diese Kraft wird die Richtung des Zuges immer vortheilhaft von oben nach unten zu geleitet, weil dann das Gewicht des ganzen Körpers der in den Armen liegenden Kraft zu Hülfe kommt.

§. 49.

Ganz anders wirkt die bewegliche Rolle Fig. 16. Taf. I. Wenn nämlich an dem Mittelpunkte einer solchen Rolle eine Last Q hängt, wenn unterwärts um die Rolle eine Schnur geschlagen ist, woran die gleichen Kräfte A und P nach den Tangenten aA und bP wirken, so kann man die beyden Kräfte A und P als gleiche Seitenkräfte, die Kraft Q als mittlere Kraft betrachten, und dann müssen die Winkel cea, ceb gleich seyn, folglich muß auch ce die Linie ab in d halbiren. Gesetzt nun, die Schnur sey in A an einen festen Punkt (etwa an einen Nagel) geknüpft und die Kräfte P und Q wirkten noch wie vorhin, so kann man ab als einen Hebel betrachten, welcher von den Kräften P und Q nach entgegengesetzten Richtungen um den Punkt a bewegt werden soll. Daher ist a als der Umdrehungspunkt eines Hebels der andern Art anzusehen. Fällt man von a auf die Richtungslinie der Kraft P das Perpendikel af, so bekommt man hieher einen Winkelhebel daf, an dessen einem Arme ad die Last Q, und an dessen anderm af die Kraft P senkrecht wirkt. Da hat man denn für den Zustand des Gleichgewichts

$P : Q = ad : af$; oder
$P : Q = \frac{1}{2}ab : af$; oder
$2P : Q = ab : af$.

Es ist nämlich $P . af = Q . \frac{1}{2}ab$, folglich $2(P . af) = 2(Q . \frac{1}{2}ab)$, oder $2P . af = Q . ab$. Der $\angle baf = \angle cbd$ (Wechselwinkel); daher sind die Dreyecke abf und bcd einander ähnlich. Es verhält sich demnach

$ab : af = bc : bd = r : \frac{1}{2}ab$,

wenn r den Halbmesser der Rolle bedeutet. Man kann also auch setzen

$2P : Q = r : \frac{1}{2}ab$.

Nun ist r so lange größer als $\frac{1}{2}ab$, so lange ab kein Durchmesser ist. Unter derselben Bedingung ist auch $2P$ größer als Q, oder P größer als $\frac{1}{2}Q$. Und dieses ist eben der vortheilhafteste Zug für die Kraft P an der Rolle. Fig. 17. Taf. I. zeigt ihn. Weil hier die Kräfte P, A, Q alle senkrecht auf ab wirken, so folgt schon aus der Lehre vom geradlinichten Hebel, daß $P = A = \frac{1}{2}P$. Bringt man statt A, eine feste Unterstützung an, so wird dadurch nichts geändert. Also verhält sich an der beweglichen Rolle, wo Kraft und Last nach senkrechten Directionen wirken, die Kraft zur Last wie 1 : 2.

§. 50.

Da es natürlich sehr unbequem wäre, die aufwärts wirkende Kraft P unmittelbar an dem Seile anzubringen, so läßt man das Seil noch um eine feste Rolle Fig. 18. Taf. I. gehen, von welcher das Seilende herabhängt. Nun kann man bey p herunterwärts ziehen. An Kraft gewinnt man durch diese Rolle eigentlich

nichts, weil sie als gleicharmiger Hebel der ersten Art wirkt. Die an *e* wirkende Kraft *P* balancirt an dem Hebel *de*, der seinen Unterstützungspunkt in *f* hat, mit der an *d* beschäftigten gleichen Kraft *p*. Aber der Vortheil des bequemen Zuges ist von nicht geringer Bedeutung.

Auf dieselbe Art verbindet man oft mehrere lose und feste Rollen so mit einander, daß man die vierfache, achtfache rc. Kraft gewinnt. Die Rollen müssen sich, wie bey Fig. 19. in einem Gehäuse, einer Flasche oder einem Kloben, ohne Klemmen und ohne Reiben um ihre Achse drehen. Die ganze Vorrichtung nennt man dann einen Flaschenzug. Die obere Flasche heißt die feste, die untere die bewegliche Flasche. Letztere bewegt sich zugleich mit der Last und ihr Gewicht muß daher bey Bestimmung des Verhältnisses der Kraft zur Last mit in Anschlag gebracht werden.

§. 51.

Gesetzt, der Flaschenzug hätte, wie bey Fig. 19. vier Rollen, zwey lose und zwey feste, und an den Haken des untern Klobens wäre eine Last von 100 Pfunden gehängt. Gesetzt ferner, das Seil sey bey *d* an den obern Kloben befestigt, gehe von da unter der Rolle *ab* hinweg, alsdann um die Rolle *fe*, unter der Rolle *hi* hin und zuletzt über die Rolle *lm*. So sieht man leicht, wie jene Last von 100 Pfunden mit einer Kraft von 25 Pfunden erhalten werden kann. Die Rolle *ab* ist nämlich als ein Hebel der andern Art anzusehen, der seinen Umdrehungspunkt bey *a* hat. Die Last hängt von *c* herab und bey *b*, in der doppelten Entfernung.

vom Umdrehungspunkte wirkt die Kraft aufwärts. Diese Kraft braucht also nur 50 Pfund zu betragen, um mit der Last von 100 Pfunden das Gleichgewicht zu erhalten. Nun aber ist zur bessern Leitung der Kraft die feste Rolle *fe*, ein gleicharmiger Hebel der ersten Art da. Die Kraft kann also bequemer nach der Richtung *fh* herunterwärts ziehen. Bey *h* geht aber das Seil wieder um eine lose Rolle, die ihren Umdrehungspunkt bey *h* hat. Die Kraft von 50 Pfunden ist demnach als nach *h* hinverpflanzt anzusehen. Zieht nun wieder eine Kraft bey *i* in der Richtung *il* hinaufwärts, so braucht diese, wegen der doppelten Entfernung ($2. hk = 2. ki$) von *h* nur 25 Pfund zu betragen, um mit der von *k* herabhängenden Last das Gleichgewicht zu erhalten. Die zweyte feste Rolle *ml* dient wieder blos zur bequemern Leitung der Kraft, die nun in der Richtung *mo* wirkt. Man kann also mit einem solchen Flaschenzuge, aus zwey losen und zwey festen Rollen bestehend, durch den Zug an *o* mit einer Kraft von 25 Pfund eine Last von 100 Pfunden erhalten.

Ein Ueberschuß an Kraft gehört immer dazu, um die Last wirklich in Bewegung zu setzen. Die Kraft, welche dies thun soll, hat aber noch andere Hindernisse zu überwältigen, hauptsächlich die Steifigkeit oder Unbiegsamkeit der um die Rollen zu krümmenden Seile und die Reibung der Rollen um ihre Bolzen. Daher muß die Kraft immer größer seyn, als obige Berechnungen angeben.

§. 52.

Besteht der Flaschenzug aus noch mehr Rollen, losen und festen, so ist der Gewinn an Kraft noch größer.

Bey drey losen und drey festen Rollen ist das Verhältniß der Kraft zur Last (für das Gleichgewicht) wie

$$\begin{array}{r} 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ \hline 1 : 8 \end{array}$$

bey vier losen und vier festen Rollen wie 1 : 16 u. s. w. Denn für jede hinzugefügte lose Rolle wird die Kraft um die Hälfte kleiner; folglich findet hier das Gesetz der zusammengesetzten Hebel (§. 40.) gleichfalls eine Anwendung. Man bekommt daher die mit der Last das Gleichgewicht haltende Kraft, wenn man die Zahl 2 so viele Mal mit sich selbst multiplicirt, als lose Rollen da sind und mit diesem Produkte in die Last dividirt.

Beym Bau- und Seewesen ist der Flaschenzug von großem Nutzen. Oft ist er mit andern Maschinen (z. B. mit Krahnen und andern Winden) verbunden. Man macht auch Verbindungen von blos losen Rollen ohne Kloben. Eine solche Verbindung pflegt man Rollenzug zu nennen. Bey ihnen findet eine geringere Friktion und eine geringere Biegung der Seile, folglich eine bedeutende Ersparniß von Kraft statt, namentlich wenn die Seiltrümer, welche Rolle mit Rolle verbinden, parallel gehen. Jede schiefe Richtung im Zuge raubt Kraft und sollte immer so viel wie möglich vermieden werden.

§. 53.

Wenn eine durch den Flaschenzug zu hebende Last einen gewissen Weg, z. B. einen Fuß, zurücklegen soll, so muß sich begreiflich jedes der tragenden Seiltrümer um den zurückzulegenden Weg, z. B. um 1 Fuß, verkürzen; folglich muß das letzte Seiltrum, woran die

Kraft wirkt, um so viele Fuß fortgezogen werden, als tragende Seiltrümer vorhanden sind. So mußte bey Fig. 19. Taf. I. das Ende des Seils, woran die Kraft wirkt, 4 Fuß weit fortbewegt werden, um die Last nur 1 Fuß hoch emporzubringen. Folglich steckt die Kraft in der Last so viele Mal, als der Weg der Last in dem Wege der Kraft, welchen beyde in gleicher Zeit zurücklegen; oder auch: so viele Mal die Last größer ist als die Kraft, so viele Mal ist auch die Geschwindigkeit der Kraft größer, als die Geschwindigkeit der Last.

Soll daher die Last vermittelst des Flaschenzuges nur zu einer etwas ansehnlichen Höhe emporgehoben werden, so muß die Kraft einen beträchtlichen Weg zurücklegen. Allerdings schränkt dies den Gebrauch des Flaschenzuges überhaupt und insbesondere die Vervielfältigung der Rollen ein.

Auch der durch die Steifigkeit der Seile erzeugte Widerstand vergrößert sich, wenn die Zahl der Rollen zunimmt. Denn das Seil wird so viele Mal gebogen, als Rollen da sind und jede Biegung des Seils ist ein Widerstand, den die Kraft mit zu überwältigen hat. Die Reibung wird durch Vervielfältigung der Rollen nicht beträchtlich vermehrt; denn bey mehr Rollen wird die Last mehr vertheilt und dann können die Achsen der Rollen schwächer gemacht werden.

4. Die schiefe Ebene.

§. 54.

Ein Körper, der auf einer horizontalen oder waagrechten Ebene liegt, ist auf derselben so unterstützt, daß er nicht fallen kann; ein Körper, den man an einer

vertikalen oder lothrechten Ebene sich selbst überläßt, fällt an derselben ungehindert herab. Daher muß wohl auf einer schiefen oder geneigten Ebene (Planum inclinatum) d. h. auf einer solchen, welche mit den horizontalen einen spitzigen Winkel (Neigungswinkel) macht, weder eine völlige Unterstützung, noch auch ein ungehindertes Fallen statt finden; das Fallen muß natürlich mit verminderter Geschwindigkeit geschehen. Je größer der Neigungswinkel der schiefen Ebene ist, desto schneller wird sich ein Körper von derselben herabbewegen, aber auch desto größer muß die Kraft seyn, welche den Körper in dieser Bewegung aufhalten will; je kleiner im Gegentheil dieser Winkel ist, desto langsamer bewegt sich der Körper auf der Ebene herab, desto geringer braucht aber auch die Kraft zur Aufhaltung des Körpers zu seyn.

Bedeutet *ac* Fig. 1. Taf. II. eine schiefe Ebene oder vielmehr einen Durchschnitt derselben; macht diese schiefe Ebene den Winkel *c* mit der Horizontalfläche und befindet sich auf ihr eine Last *Q*, die ihren Schwerpunkt in *e* hat, so kann man folgendes Gesetz daraus ableiten.

Man denkt sich die ganze Kraft, womit *Q* wirkt, in dem Schwerpunkte *e* vereinigt. Alsdann ist die lothrechte Linie *ek* die Directionslinie der Schwere. Denkt man sich *ed*, die Größe jener Kraft, als zwey Theile *eh*, *el*, wovon der eine senkrecht auf die schiefe Ebene, der andere mit dieser Ebene parallel ist, so wird begreiflich der senkrechte Theil *eh* von der Festigkeit der schiefen Ebene überwunden, folglich kann blos der parallele Theil *le* zur Bewegung der Last *Q* wirken. Soll nun die Bewegung nicht erfolgen, so muß eine Kraft *P*,

welche der Kraft le gleich ist, nach der Richtung eP entgegenwirken. Man pflegt diese Kraft die relative Kraft der Last auf der schiefen Ebene zu nennen, da hingegen Q oder ed die absolute Kraft heißt.

Die Ebene edh steht senkrecht sowohl auf der schiefen, als auf der horizontalen Ebene. Denn eh ist lothrecht auf ac, und ed lothrecht auf bc oder auf einer durch den Punkt d mit bc parallelen Linie. In dem rechtwinklichten Dreyecke abc ist acb der Neigungswinkel, ac die Länge, ab die Höhe und bc die Grundlinie der schiefen Ebene. Weil nun die rechtwinklichten Dreyecke abc, ehd und dkc einander ähnlich sind, so verhält sich

$$ed : hd = dc : dk; \text{ ferner}$$
$$ed : hd = ac : ab; \text{ folglich}$$
$$Q : P = ac : ab.$$

Das heißt: die absolute Kraft verhält sich zur relativen, wie die Länge der schiefen Ebene zur Höhe derselben.

Die relative Kraft ist also begreiflich gegen die Last desto kleiner, je kleiner die Höhe gegen die Länge oder je kleiner der Neigungswinkel c der schiefen Ebene ist.

§. 55.

Trigonometrisch läßt sich dies auch so darthun: Für

$$Q : P = ac : ab$$

kann man auch setzen

$$Q : P = r : \sin. c; \text{ folglich ist}$$

$$P = \frac{Q . \sin. c}{r}.$$

Hieraus ergiebt sich nun, daß die Kraft, welche eine Last auf der schiefen Ebene in paralleler Richtung erhält, eben so zunehmen muß, wie der Sinus des Neigungswinkels und daß sich bey jeder Neigung der schiefen Ebene die Kraft zur Last verhält, wie der Sinus des Neigungswinkels zum Halbmesser. Man kann daher jenes Verhältniß aus den gemeinen Sinustafeln für jeden gegebenen Winkel gleich sehr genau in Zahlen finden.

Wäre $c = 30$ Grad, so würde, bey $r = 1$, der sin. $c = \frac{1}{2}$ betragen, folglich würde dann P halb so groß als Q seyn müssen. Bey einem Neigungswinkel von 45 Graden werden schon mehr als $\frac{7}{10}$ der Last für die Kraft erfordert, weil der Sinus des Winkels von 45 Graden 70710 solcher Theile hat, wovon auf den Halbmesser 100000 kommen. Bey einem Neigungswinkel von 60 Graden ist das Verhältniß der Kraft zur Last wie 0,866 : 1; bey einem Winkel von 80 Graden wie 0,985 : 1; u. s. w. Die Kraft kommt also der Last immer näher, je größer der Neigungswinkel wird.

§. 56.

Die mit der schiefen Ebene parallele Richtung der Kraft ist nicht blos die vortheilhafteste von allen, welche es giebt, sondern wirklich kommt sie im gemeinen Leben und in den Künsten auch am häufigsten vor. Indessen giebt es auch Fälle, wo die Richtung der Kraft nicht parallel mit der schiefen Ebene ist. Wenn z. B. die Kraft P von e aus nach jeder beliebigen Richtung eR nicht parallel mit ac wirkt, so kann man das Verhältniß der Kraft R zur Last Q für den Zustand des Gleichgewichts auf folgende Art bestimmen.

Beyde Kräfte R und Q müssen begreiflich so nach ef und ed wirken, daß aus ihnen eine mittlere Kraft nach eg entsteht. Diese muß senkrecht auf der schiefen Ebene seyn, damit der vereinte Effekt der beyden Kräfte von der Festigkeit der schiefen Ebene erhalten werde. Bildet man nun aus der gegebenen Last $Q = ed$ und den Winkeln deg, deR das Parallelogram $defg$, so stellen de, ef die Kräfte Q und R, eg aber stellt die mittlere Kraft vor. Hieraus kann man nun die Proportion ableiten:

$$R : Q = ef : ed;$$

oder, da $gd = ef$, $de = fg$,

$$R : Q = gd : fg; \text{ oder}$$

$$R : Q = \sin. ged : \sin. gef.$$

Bezeichnet α den Winkel Rek, welchen die Richtung der Kraft mit der Richtung der Last macht, und ist $ged = c$, so ist

$$\sphericalangle gef = \alpha - c$$

und die zuletzt aufgeführte Proportion verwandelt sich in die:

$$R : Q = \sin. c : \sin. (\alpha - c).$$

Man sieht leicht ein, daß Q gegen R, bey einerley Neigung c der schiefen Ebene, desto größer wird, je größer der $\sin. (\alpha - c)$ ist. Am größten ist Q, oder R ist am kleinsten, wenn der Neigungswinkel c ein Rechter wird.

§. 57.

Auf folgende Art läßt sich dasselbe Gesetz (§. 56.) noch einfacher darthun. Bey jedem mit ac nicht parallelen Zuge wirkt nur ein Theil der Kraft P gegen die relative Kraft el der Last Q. In diesem Falle muß das

her die Kraft P wohl größer seyn, als da, wo sie ganz zur Erhaltung der relativen Kraft verwandt wird. Zieht die Kraft R von ac aus nach unten hin, so drückt die Last gegen die schiefe Ebene an. Zieht aber die Kraft aufwärts von ac, so wird die Last gehoben.

Geht der Zug der Kraft mit der Grundlinie der schiefen Ebene parallel, so wird α ein rechter Winkel und die Proportion

$$R : Q = \sin. c : \sin. (\alpha - c)$$ verwandelt sich in folgende:

$$R : Q = \sin. c : \cos. c,$$

d. h. die Kraft verhält sich zur Last wie die Höhe der schiefen Ebene zur Grundlinie derselben.

Fig. 2. wird dies noch deutlicher machen. Daselbst ist nämlich

$$P : Q = fg : fe$$
$$= de : fe$$
$$= ab : bc.$$

d. h. die Kraft zur Last, wie die Höhe der schiefen Ebene zur Grundlinie der schiefen Ebene. Die Anwendung dieses Satzes zeigt sich z. B. da, wo eine feste schiefe Ebene unter der Last Q nach der Richtung bc fortgeschoben wird, um dadurch die Last emporzuheben.

Die Gesetze der schiefen Ebene kann man bey Fuhrwerken anwenden, womit Lasten auf Berge und andere Anhöhen gebracht oder von denselben heruntergeschafft werden sollen. Beym Heraus- und Hineinschleifen großer schwerer Fässer in Keller, beym Hinauf- und Herabbewegen schwerer Blöcke, Waarenballen u. d. gl. bildet die Schrotleiter eine schiefe Ebene. Eine vorzüglich wichtige Anwendung der schiefen Ebene kommt in den schiffbaren Kanälen Eng-

landes vor, wo mit Beyhülfe des Haspels und Flaschenzugs schwere Fahrzeuge an der schiefen Ebene emporgewunden werden, um diese Fahrzeuge aus tiefer liegenden Kanälen in höher liegende zu bringen. In England laufen auch beladene Wagen auf eigends dazu eingerichteten schiefen Ebenen mit Leichtigkeit hinauf und herab. Die schwedischen Mechaniker Scheldon und Polhem wandten die schiefe Ebene zum Rechtstellen gesunkener Balken in Gebäuden an, und mit einer ähnlichen Vorrichtung wurde auch der Katharinenthurm in Hamburg wieder gerade gerichtet. Es giebt eine Wasserkunst, bey welcher die Pumpstangen der in einem Kreise stehenden Pumpen mittelst eines horizontalen Rades, auf dessen Flächenringe schiefe Ebenen befestigt sind, hinter einander gehoben werden, um dadurch eine auf- und niederspielende Bewegung hervorzubringen.

Nicht blos eine gegen den Horizont geneigte Fläche ist eine schiefe Ebene zu nennen, sondern eigentlich jede Fläche ist als eine schiefe Ebene anzusehen, welche vermöge ihrer Lage dem auf sie drückenden Körper keine andere Bewegung erlaubt, als die seiner Schwere entgegen. Dies sieht man beym Bau unserer Wagen mit niedern Vorder- und höhern Hinterrädern.

5. Der Keil.

§. 58.

Der Keil besteht aus zwey mit ihren Grundflächen so verbundenen schiefen Ebenen, daß sie in eine Spitze zusammenlaufen und dann ein dreyeckigtes Prisma bilden. So hat man gleichsam eine doppelte schiefe Ebene, und diese bewegt sich beym Gebrauch fast immer gegen die Last, statt daß sonst die Last meistens auf der Ebene bewegt wird. Denkt man sich den Keil mit einer Ebene in der Richtung der Achse

senkrecht durchschnitten, so hat dieser Schnitt die Gestalt eines spitzwinklichten Dreyecks *abc* Fig. 3. Taf. II. Die Seite *ab* dieses Dreyecks bildet den Rücken des Keils, *ac* und *bc* sind seine Seiten, das Perpendikel *cd* von der Spitze bis auf den Rücken ist seine Höhe, der Winkel *c* aber ist seine Schärfe. Meistens ist das Dreyeck *abc* gleichschenklicht, weil fast immer die Seiten *ac* und *bc* des Keils gleich sind, und dann nennt man den Keil selbst gleichschenklicht. Er kann auch gleichseitig seyn, wenn nämlich $ac = bc = ab$.

Sehr nützlich wendet man den Keil zum Spalten des Holzes, der Steine und anderer fester Körper an. Man bedient sich desselben aber auch zum Pressen, zur Erhebung und Befestigung von Lasten, u. s. w. Beym Gebrauch desselben wirkt eine äußere Gewalt durch Druck oder Schlag auf seinen Rücken.

Gewöhnlich macht man die Keile von Holz, oder von Eisen oder von Stein. Bey der Oehllade in Oehlmühlen sind Keile die Haupttheile zum Auspressen des Oehls aus den zerstampften Saamen und Früchten. Der zugespitzte Pfahl, den bey Rammmaschinen der Rammklotz in die Erde treibt, ist ein Keil. Bey der Treiblade der Zimmerleute zum Geraderichten der ausgewichenen Wände und Säulen rührt die Wirkung von mehreren Keilen her. Fast alle unsere gebräuchlichsten Handwerkzeuge, wie Messer, Meisel, Aexte, Säbel, Scheeren, Nadeln, Nägel, Schaufeln ꝛc sind Keile, die theils mit zwey, theils mit mehr Flächen sich wirksam zeigen. Selbst die Bohrer sind Keile, aber mit gekrümmten Flächen; auch die Gewölbsteine, welche sich wechselseitig festhalten. Auf letztere wirkt freylich nur eine todte Kraft.

§. 59.

Das Gesetz, welches darthut, daß zur Erhaltung einer Last auf einer schiefen Ebene (folglich auch zur Hinaufbewegung auf dieselbe) desto weniger Kraft gehört, je weniger geneigt sie ist (§. 56.), läßt sich auch auf den Keil (einer sogenannten doppelten schiefen Ebene) anwenden. Man wird nämlich leicht begreifen, daß ein Keil zum Spalten oder zur Ausübung eines Drucks desto weniger Kraft erfordert, je dünner er ist, oder je mehrmal seine Dicke von seiner Länge übertroffen wird.

Gesetzt, die Kraft P Fig. 3. Taf. II. wirke nach der Richtung dc, der Widerstand Q nach den Richtungen ge, gf, senkrecht auf die Direction der Kraft. Gesetzt ferner, der Widerstand wäre auf der einen Seite des Keils so groß, als auf der andern; alsdann ist es nicht schwer, das Verhältniß der Kraft zum Widerstande zu finden.

Natürlich braucht man blos das Verhältniß der halben Kraft zum Widerstande auf einer Seite zu suchen, um die verlangte Größe zu erhalten. Wenn man nämlich den Keil als eine doppelte schiefe Ebene, dbc und dac ansieht, so verhält sich nach (§. 56. f.)

$$P : Q = db : dc$$

d. h. die Kraft zur Last, wie der halbe Rücken des Keils zur Höhe des Keils. Die Kraft des Keils muß also wohl desto wirksamer seyn, je größer die Höhe desselben gegen den Rücken oder gegen die Dicke desselben, folglich je dünner der Keil selbst ist.

Dünnere Messer, dünnere Scheeren rc. schneiden besser, als dickere. Ein dünneres Beil haut besser, als ein dickeres. Je spitziger die Gewölbsteine sind, desto stärker wird ihr Druck gegen die Widerlagen; u. s. w.

§. 60.

Wenn der Widerstand Q senkrecht auf die Seiten des Keils nach den Richtungen hi, ki wirkt, so kann man diese Richtungen als Richtungen zweyer Seitenkräfte betrachten, aus welchen eine mittlere Kraft il nach id entsteht. Dieser mittlern Kraft muß nun P gleich seyn, oder mit gleicher Kraft muß P nach der Richtung di entgegenwirken, wenn ein Gleichgewicht statt finden soll. Alsdann muß sich die halbe Kraft zum Widerstande auf der einen Seite oder auch die ganze Kraft zum gesammten Widerstande wie in zu ik verhalten, oder

$$P : Q = in : ik$$

Das Dreyeck nik ist aber dem Dreyecke bdc ähnlich, folglich muß auch

$$P : Q = bd : bc.$$

d. h. die Kraft verhält sich zum Widerstande, wie der halbe Rücken zur Seite des Keils.

Setzt man den Winkel dcb an der Spitze des Keils $= \frac{1}{2}c$; so verwandelt sich die Proportion $P : Q = db : dc$ in folgende:

$$P : Q = tang. \tfrac{1}{2}c : r; \text{ also wäre}$$

$$P = \frac{Q. tang. \tfrac{1}{2}c.}{r}$$

Statt $P : Q = bd : bc$ hätte man

$$P : Q = sin. \tfrac{1}{2}c : r; \text{ alsdann wäre}$$

$$P = \frac{Q. sin. \tfrac{1}{2}c.}{r}$$

Da aber die außerordentlich starke Reibung an den Seiten des Keils einen sehr großen Theil der Kraft gleich-

sam verschluckt, so werden obige Gesetze in der Praxis bedeutend abgeändert.

Um die Reibung des Keils so viel wie möglich zu verringern, so bestreicht man die Seiten desselben beym Gebrauch gern mit Seife oder mit anderm Fett. Bey mancher Anwendung (z. B. in Oehlmühlen) hat man aus derselben Ursache Friktionsrollen vorgeschlagen, die man an den Seiten anbringt.

6. Die Schraube.

§. 61.

Unter Schraube versteht man einen Cylinder, um den eine schiefe Ebene sich gleichmäßig immer höher und höher windet. Eine solche Schraube, auch Schraubenspindel oder Vaterschraube genannt, dreht sich immer in einer völlig gleichen cylindrischen Höhlung, an deren Wänden herum eine eben solche schiefe Ebene auf dieselbe Art sich herumwindet. Letztere nennt man Schraubenmutter oder Mutterschraube. Bey beyden stets zusammengehörigen Arten von Schrauben (Schraubenspindel und Schraubenmutter) nennt man die gewundene schiefe Ebene Schraubengänge, oder Schraubengewinde. Die Schraubengänge der Vaterschraube passen immer genau zwischen die Schraubengänge der Mutterschraube und drehen sich dazwischen aufwärts oder niederwärts, je nach der Richtung, nach welcher die Kraft darauf wirkt.

Die Gewinde der Schrauben sind entweder nach der Kante zu keilförmig abgeschärft, auch wohl an der äußersten Fläche etwas abgerundet, oder sie sind parallelepipedalisch (flach, bis an die Kante von gleicher Breite

und Dicke). Letztere wendet man hauptsächlich da an, wo ein nachtheiliges Einschneiden der scharfen Kanten schlechterdings vermieden werden muß.

Um die Schraube in Bewegung zu setzen, wird entweder die bewegliche Spindel in der unbeweglichen Mutter, oder die bewegliche Mutter um die unbewegliche Spindel in horizontaler Richtung gedreht. Nur bey kleinern Schrauben, die etwas festhalten oder ohne bedeutende Gewalt etwas zusammendrücken sollen, wird die bewegende Kraft unmittelbar an dem einen Ende, dem sogenannten Kopfende (welches zuweilen die Gestalt zweyer Flügel hat), angebracht. Bey größern hingegen wirkt sie vermöge eines Hebels auf die Schraube.

Ungemein groß ist der Nutzen der Schraube in so vielen Künsten und Vorfällen des Lebens. Namentlich dienen sie zu allerley Arten von Pressen (z. B. Druckerpressen, Münzpressen, Mostpressen oder Keltern, Papierpressen, Schraubstöcken ꝛc.), ferner zur Befestigung mancher Sachen (z. B. verschiedener Theile an Uhren, Schlössern ꝛc.), zur Hebung von Lasten (z. B. als Schraubensatz der Zimmerleute zum Emporschrauben von Dächern, Wänden, Stockwerken ꝛc.). Auch kommt sie in Verbindung von manchen zusammengesetzten Maschinen, namentlich von Räderwerken z. B. als Schraube ohne Ende vor.

§. 62.

Recht gut kann man sich die Entstehungsart der Schraube so denken: Wenn der senkrechte Durchschnitt einer schiefen Ebene *abc* Fig. 4. Taf. II. so herumgebogen wird, daß die Grundlinie *cdb* einen Kreis bildet, so entsteht aus der ebenen Fläche *abc* die krumme Seitenfläche eines senkrechten Cylinders. In dieser krum-

men Seitenfläche beschreibt der Durchschnitt *ac* der schiefen Ebene eine Schraubenlinie. Geht um die Schraubenlinie eine wirkliche Erhabenheit herum, so macht diese einen Schraubengang aus. Nun können die Windungen der Schraubenlinie (die Schraubengänge) um den senkrechten Cylinder mehrmals wiederholt werden, wie *fik*, *klm* u. s. w. und zwar um so mehr, je länger die Schraube seyn soll.

Der von der Grundlinie *bc* der schiefen Ebene beschriebene Kreis *fgh* bildet den Umfang der Schraubenspindel; die Höhe eines Schraubengangs wird durch die Höhe *ab* der schiefen Ebene ausgedrückt.

§. 63.

Wenn man von einem willkührlichen Punkte *d* in der Grundlinie der schiefen Ebene Fig. 4. eine Linie *de* parallel mit *ab* zieht, so ist wegen der Aehnlichkeit der Dreyecke *abc*, *edc*

$$cd : cb = de : ab$$

Dasselbe Verhältniß ist auch für die Schraube richtig. Es verhält sich nämlich die Höhe eines beliebigen Punktes *e* (oder *i*) der Schraubenlinie zur ganzen Höhe des Schraubengangs, wie der Theil *cd* (oder *fg*) des Umfangs zum ganzen Umfange der Spindel.

Obgleich der Widerstand der Schraubenmutter gegen die Schraube (welchen man als Last der Schraube ansieht) über der ganzen Oberfläche des Schraubengangs vertheilt ist, so kann man sich diesen Widerstand doch, zur Bestimmung des Verhältnisses von Kraft und Last, in einer einzigen Schraubenlinie beysammen gedenken. Sind die Schraubengänge nicht keilförmig,

sondern parallelepipedisch oder sonst von merklicher Breite an der Kante, so nimmt man die Mittellinie, welche genau zwischen diese Breite fällt, als Schraubenlinie an. Wenn nun vermöge der Schraube eine Last parallel mit der Achse der Spindel bewegt werden soll, indem die Kraft am Umfange der Spindel nach einer Tangente wirkt, so kann man wieder alles auf die schiefe Ebene zurückbringen, wo die Last nach *ba*, die Kraft nach *bc* wirkt. Alsdann findet wieder die Proportion statt:

$$P : Q = ab : bc,$$

d. h. die Kraft verhält sich zur Last, wie die Höhe des Schraubengangs zum Umfange der Schraubenspindel. Da nun zur Erhaltung einer Last auf der schiefen Ebene desto weniger Kraft erfordert wird, je weniger schief sie ist oder je mehr ihre Höhe von ihrer Länge übertroffen wird, so muß auch die Schraube bey einer und derselben Dicke der Spindel desto wirksamer seyn, je enger die Schraubengänge sind oder (welches einerley ist) je geringer die Höhe eines jeden einzelnen Schraubenganges ist.

Zu eisernen Schrauben (die oft 2 Zoll dick sind) nimmt man gern recht zähes geschmeidiges Eisen. Zu hölzernen wählt man das festeste Holz, z. B. das Holz des Hagedorns, der Hagebuche, des wilden Apfelbaums, des Birnbaums etc. Um die Schraubengänge möglichst zu conserviren, so verfertigt man bisweilen Schrauben mit doppelten Gängen. Die Gänge dieser Schrauben stehen dann nur die Hälfte des Drucks aus.

§. 64.

Ist die Kraft nicht unmittelbar an dem Umfange der Spindel, sondern an dem Ende *a* eines Hebelsarms

ac Fig. 5. wirksam, so muß man den von diesem Arme *ca* beschriebenen Kreis für den Umfang der Schraubenspindel annehmen. Dadurch wird das Moment der Kraft in dem Verhältnisse wie *cb* : *ca* verstärkt, und, dies um so mehr, je mehr die Länge *ca* des Hebelsarms die halbe Dicke *cb* der wirklichen Schraube übertrifft.

Wenn z. B. die Höhe oder Weite eines Schraubengangs ½ Zoll, der Halbmesser *ca* aber 12 Zoll betrüge, so hätte man (nach §. 63.)

$$P : Q = \tfrac{1}{2} : 2.12.3{,}14 \ldots \text{ oder}$$
$$= 1 : 48.3{,}14 \ldots \text{ oder}$$
$$= 1 : 150{,}72 \ldots$$

(wofür man wohl 1 : 151 setzen darf.) Da nämlich der Halbmesser zu 12 Zoll angenommen wurde, so war der Durchmesser = 2.12 = 24, und der Umfang = 24.3,14 . . . Also: Kraft zur Last wie die Höhe ½ des Schraubengangs zum Umfange 24.3,14 . . . der durch den Hebelsarm *ca* verstärkten Schraubenspindel; oder

$$P : Q = \tfrac{1}{2} : 24.3.14 \ldots$$
$$= 1 : 48.3{,}14 \ldots$$
$$= 1 : 150{,}72 \ldots$$

Auf genaue Verfertigung der Schrauben kommt viel an. Natürlich werden die Schraubengänge desto weniger gepreßt, je genauer ein Schraubengang in den andern paßt. Sobald sich aber einige Theile allein an einander klemmen, ohne daß die übrigen sich zugleich eben so genau berühren, so stehen jene allein den ganzen Druck aus und müssen abspringen, wenn sie nicht hinreichende Stärke besitzen. Daher muß stets für eine g l e i c h e V e r t h e i l u n g d e s D r u c k s ü b e r d i e F l ä c h e a l l e r S c h r a u b e n g ä n g e gesorgt werden.

Die Reibung, welche bey der Schraube einen so großen Theil der Kraft gleichsam einschluckt, ist zugleich wieder von vielem Nutzen, weil schon sie allein oft die Last erhält. Ohne die Reibung würde oft ein sehr nachtheiliges Zurückweichen der Schraube beym Gebrauch derselben statt finden.

§. 65.

Wenn man eine Schraube (eigentlich ein Paar Schraubengänge) in ein Stirnrad eingreifen läßt, so kann sie nicht, wie die gemeine Schraube, nur bis auf einen gewissen Punkt, sondern ohne Ende fort gedreht werden, weil alle Zähne des Rades, worauf sie wirkt, immer wieder zurückkommen. Daher wird eine solche Schraube mit dem Stirnrade eine Schraube ohne Ende genannt.

Fig. 6. Taf. II. zeigt eine solche Schraube ohne Ende. Die Schraubenspindel *cd* greift hier in ein Stirnrad, von dessen Welle ein Seil mit der Last *Q* herabhängt. Die Schraubenspindel hat Zapfen, wie eine Welle; diese Zapfen drehen sich auch eben so in Lagern. An der Verlängerung des einen Zapfens *d* ist eine Kurbel *def* befestigt, an deren Griffe *ef* die Kraft *P* wirkt. Wenn nun die Kurbel an ihrem Griffe *ef* umgedreht wird, so schieben die Schraubengänge bey *h* einen Zahn des Stirnrades nach dem andern fort und setzen dadurch das Rad in Umdrehung. Ist es einmal herumgekommen, so hat sich das Seil einmal um die Welle gewickelt und die Last ist so weit emporgestiegen als die Länge des einmal um die Welle gewickelten Seils beträgt.

§. 66.

Um das Verhältniß der Kraft zur Last an der Schraube ohne Ende zu finden, so nehme man einmal erst das Rad und die Welle allein an, nenne die am Umfange l der Welle beschäftigte Last $= Q$, die an der Peripherie i des Rades wirkende Kraft $= \mathfrak{P}$; alsdann ist

$$\mathfrak{P} : Q = kl : ki$$

oder Kraft zur Last wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades. Also ist

$$\mathfrak{P} = \frac{Q.kl}{ki}$$

Da das Stirnrad bey h in die Schraubengänge der Schraubenspindel cd greift, so kann man sich $\mathfrak{P}$ daselbst als Last beschäftigt gedenken. Es kommt dann darauf an, noch das Verhältniß der Kraft P, welche an dem Ende e der Kurbel wirkt, zu der Kraft $\mathfrak{P}$ zu finden. Setzt man die Höhe oder Weite des Schraubengangs $= \alpha$, so ist (nach §. 64.)

$$P : \mathfrak{P} = \alpha : 2.de.3,14.$$

(wo 3,14 wieder das Peripherieverhältniß bedeutet). Schiebt man nun statt des $\mathfrak{P}$ den vorhin gefundenen Werth desselben $\frac{Q.kl}{ki}$ in die Proportion, so erhält man

$$P : \frac{Q.kl}{ki} = \alpha : 2.de.3,14$$

Folglich ist

$$P = \frac{Q.kl.\alpha}{ki} : 2.de.3,14$$

$$= \frac{Q.kl.\alpha}{ki.2.de.3,14}$$

Setzt man $kl = 1''$, $ki = 6''$, $Q = 100$ ℔, $de = 4''$, $\alpha = \frac{1}{2}''$, so ist

$$P = \frac{100.\frac{1}{2}}{6.2.4.3,14}$$

$$= \frac{50}{48.3,14}$$

$$= \frac{50}{150,72} = 0,33 \ldots;$$

Hätte man erst die am Umfange des Stirnrades wirkende Kraft $\mathfrak{P}$ gesucht, so wäre, weil $\mathfrak{P} : Q = kl : ki$,

$$\mathfrak{P} : 100 = 1 : 6; \text{ also}$$

$$\mathfrak{P} = \frac{100}{6} = 16,66 \ldots$$

Daraus ergäbe sich

$$P : 16,66 = \frac{1}{2} : 2.4.3,14;$$

also

$$P = \frac{16,66.\frac{1}{2}}{2.4.3,14}$$

$$= \frac{8,33}{8.3,14} = \frac{8,33}{25,12} = 0,33 \ldots$$

Es würden demnach an dieser Schraube ohne Ende ohngefähr mit $\frac{1}{3}$ Pfund Kraft die 100 Pfund Last im Gleichgewicht erhalten werden können. Hieraus sieht man schon, wie viele Kraft man sparen kann, wenn man sich zur Hebung von Lasten der Schraube ohne Ende bedient. Sie leistet auch, nicht blos einzeln zum Heben von Lasten gebraucht, sondern auch unter andern als Wagenwinde, oder als andere Kunstwinde und in Verbindung mit Haspel, Flaschenzug, gezahnten Räderwerk ꝛc. großem Nutzen. Das Vermögen der zuletzt genannten Rüstzeuge verstärkt sie in einem außerordentlichen Grade. Man wendet sie ferner an, um durch sie manche gleichförmige, langsam fortschreitende Bewegungen hervorzubringen, z. B. bey Garnhaspeln, Stroh- und Tabacksschneideladen, Lumpenschneidemaschinen, bey Uhren ꝛc.

§. 66.

Um das Verhältniß der Kraft zur Last an der Schraube ohne Ende zu finden, so nehme man einmal erst das Rad und die Welle allein an, nenne die am Umfange l der Welle beschäftigte Last $= Q$, die an der Peripherie i des Rades wirkende Kraft $= \mathfrak{P}$; alsdann ist

$$\mathfrak{P} : Q = kl : ki$$

oder Kraft zur Last wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades. Also ist

$$\mathfrak{P} = \frac{Q.kl}{ki}$$

Da das Stirnrad bey h in die Schraubengänge der Schraubenspindel cd greift, so kann man sich $\mathfrak{P}$ daselbst als Last beschäftigt gedenken. Es kommt dann darauf an, noch das Verhältniß der Kraft P, welche an dem Ende e der Kurbel wirkt, zu der Kraft $\mathfrak{P}$ zu finden. Setzt man die Höhe oder Weite des Schraubengangs $= \alpha$, so ist (nach §. 64.)

$$P : \mathfrak{P} = \alpha : 2.de.3{,}14.$$

(wo 3,14 wieder das Peripherieverhältniß bedeutet). Schiebt man nun statt des $\mathfrak{P}$ den vorhin gefundenen Werth desselben $\frac{Q.kl}{ki}$ in die Proportion, so erhält man

$$P : \frac{Q.kl}{ki} = \alpha : 2.de.3{,}14$$

Folglich ist

$$P = \frac{Q.kl.\alpha}{ki} : 2.de.3{,}14$$

$$= \frac{Q.kl.\alpha}{ki.2.de.3{,}14},$$

Setzt man $kl = 1''$, $ki = 6''$, $Q = 100$ ℔, $de = 4''$, $\alpha = \frac{1}{2}''$, so ist

$$P = \frac{100.\frac{1}{2}}{6.2.4.3,14}$$

$$= \frac{50}{48.3,14}$$

$$= \frac{50}{150,72} = 0,33 \ldots$$

Hätte man erst die am Umfange des Stirnrades wirkende Kraft $\mathfrak{P}$ gesucht, so wäre, weil $\mathfrak{P} : Q = kl : ki$,

$$\mathfrak{P} : 100 = 1 : 6; \text{ also}$$

$$\mathfrak{P} = \frac{100}{6} = 16,66 \ldots$$

Daraus ergäbe sich

$$P : 16,66 = \frac{1}{2} : 2.4.3,14;$$

also

$$P = \frac{16,66.\frac{1}{2}}{2.4.3,14}$$

$$= \frac{8,33}{8.3,14} = \frac{8,33}{25,12} = 0,33 \ldots$$

Es würden demnach an dieser Schraube ohne Ende ohngefähr mit $\frac{1}{3}$ Pfund Kraft die 100 Pfund Last im Gleichgewicht erhalten werden können. Hieraus sieht man schon, wie viele Kraft man sparen kann, wenn man sich zur Hebung von Lasten der Schraube ohne Ende bedient. Sie leistet auch, nicht blos einzeln zum Heben von Lasten gebraucht, sondern auch unter andern als Wagenwinde, oder als andere Kunstwinde und in Verbindung mit Haspel, Flaschenzug, gezahnten Räderwerk ꝛc. großem Nutzen. Das Vermögen der zuletzt genannten Rüstzeuge verstärkt sie in einem außerordentlichen Grade. Man wendet sie ferner an, um durch sie manche gleichförmige, langsam fortschreitende Bewegungen hervorzubringen, z. B. bey Garnhaspeln, Stroh- und Tabacksschneideladen, Lumpenschneidemaschinen, bey Uhren ꝛc.

§. 67.

Wird bey jeder Umdrehung der Schraubenspindel ein Zahn des Stirnrades weiter geschoben, so kommt das Rad mit seiner Welle einmal herum, wenn so viele Kurbel-Umdrehungen erfolgt sind, als das Rad Zähne hat. Bey 80 Zähnen des Stirnrades würden daher 80 Kurbel-Umdrehungen zu einem Umgange des Rades und der Welle gehören. Wäre der Umkreis der Welle 1 Fuß, so betrüge auch die Länge des einmal umgewickelten Seils 1 Fuß, folglich würde die Last bey 80 Kurbel-Umdrehungen 1 Fuß hoch empor gehoben.

Natürlich muß sich die Feinheit der Schraubengänge an der Schraubenspindel nach der Größe des Stirnrades und der Anzahl seiner Zähne, oder umgekehrt diese Größe und Anzahl der Zähne des Rades muß sich nach der Feinheit jener Schraubengänge richten. Ein größeres Rad mit einer größern Anzahl Zähnen gehört zu feinern Schraubengängen. Denn die Zwischenweite (oder Höhe) der Schraubengänge, von der Mitte eines Gewindes bis zur Mitte des nächstfolgenden, muß so groß seyn, als die Entfernung der Mitte zweyer zunächst auf einander folgenden Zähne des Stirnrades, weil sonst kein ordentlicher Eingriff und kein ordentliches Weiterschieben statt fände. Setzt man den Durchmesser des Rades $= d$, das Verhältniß des Durchmessers zum Umfange $= 1 : 3{,}14$, die Weite der Schraubengänge $= \alpha$, so giebt $\frac{d.3{,}14}{\alpha}$ die Zahl der Zähne an, welche man dem Stirnrade zu geben hat. Da nun bey jedem Umlaufen der Spindel ein Zahn fortgeschoben werden muß,

so zeigt $\frac{d.3,14}{\alpha}$ zugleich die Anzahl der Umläufe der Spindel, während **einem** Umgange des Rades und der Welle.

Bey jedem Umlaufe der Welle legt die Last Q den Weg $2r.3,14$, und die Kraft P einen Weg

$$= \frac{d.3,14}{\alpha} . 2de.3,14$$

zurück (wo r den Halbmesser der Welle, d den Durchmesser des Rades bedeutet). Es verhält sich daher der Weg der Last zum Wege der Kraft

$$= 2r.3,14 : \frac{d.3,14}{\alpha} . 2de.3,14$$

$$= r : \frac{d.de.3,14}{\alpha}$$

$$= P : Q.$$

D. h. die Wege verhalten sich umgekehrt wie die Kräfte. Es geht also hier wieder dasjenige am Raume oder an der Zeit verloren, was an der Kraft gewonnen wird.

Ist $\alpha = 2'''$, $d = 12'' = 144'''$, so gäbe

$$\frac{144'''.3,14}{2'''} = 226,08$$ (wofür man 226 annehmen kann) die Anzahl der Zähne des Stirnrades, und die Zahl der Umläufe der Spindel während einem Umgange des Rades.

Verbindet man die Schraube ohne Ende noch mit andern Rädern und Getrieben, so kann man dadurch außerordentlich an Kraft sparen. Aber in demselben Verhältnisse verliert man wieder an Zeit oder an Geschwindigkeit der Last.

Den Hebel, das Rad an der Welle, die Rolle, die schiefe Ebene, den Keil und die Schraube begreift man zusammen unter dem Namen **einfache Maschinen**, **einfache Rüstzeuge**, **mechanische Potenzen**. Aus ihnen sind alle,

auch die allerkünstlichsten Maschinen, zusammengesetzt. Da aber die Theorie des Rades an der Welle und der Rolle sich auf die Gesetze des Hebels, die Theorie des Keils und der Schraube sich auf die Gesetze der schiefen Ebene gründet, so brauchte man eigentlich nur zwey einfache Maschinen, den Hebel und die schiefe Ebene, anzunehmen.

Einleitung zur Erkenntniß der einfachen Maschinen und deren Zusammensetzung. Petersburg 1738. 8.

A. G. Kaestner, Vectis et compositionis virium theoria evidentius exposita. Lips. 1753. 4.

J. Horvaths mechanische Abhandlungen ꝛc. Pesth 1785. 8. S. 7 f. 37 f.

J. Pasquich, vom Gleichgewicht der Kräfte am Hebel; im Leipziger Magazin für reine und angewandte Mathematik. 1786. St. 1; 1787. St. 1.

J. F. Lempe, Lehrbegriff der Maschinenlehre. Th. I. Abth. 1. Leipzig 1795. 4. S. 91 f.; 130 f.

K. Chr. Langsdorf, Grundlehren der mechanischen Wissenschaften. Erlangen 1802. 8. S. 63 f.; 353 f.

De la Hire, du plan incliné et de la vis; in den Mémoires de l'Acad. roy. des Sciences à Paris. Tom. IX. p. 199.

P. Elvius, von der Bewegung auf schiefliegenden Flächen, wenn das Reiben mit in Betrachtung gezogen wird; in den Abhandlungen der Kön. Schwed. Akad. d. Wissensch. Bd. V. Hamburg 1751. 8. S. 93 f.

A. G. Kästner, Untersuchung über die schiefe Ebene, mit Betrachtung der Friktion; im Leipziger Magazin für Naturkunde, Mathematik ꝛc. 1782. St. 1.

W. Chapman, on the various systems of Canal navigation etc. London 1798. 4. (Anwendung der schiefen Ebene bey der Kanalschiffahrt.)

Transactions of the Society for the encouragement of arts etc. Vol. XVIII. London 1800. 8. p. 265 f. Egerton, über unterirdische schiefe Ebenen zur Schiffahrt ꝛc.

Mémoires de l'Acad. roy. des Sciences à Paris. Tom. II. p. 189; Tom. IX. p. 184. Varignon und de la Hire über die Kräfte des Keils und der Schraube.

G. F. Baermann, Dissertatio de Cuneo. Witenb. 1751. 4.

A. Tillochs Philosophical Magazine. Vol. I. London 1798. 8. S. 316 f. P. Nicholson über die mechanischen Kräfte des Keils.

F. W. Gerlach, von der Schraube ꝛc. Wien 1801. 8.

J. H. M. Poppe, Encyclopädie des gesammten Maschinenwesens. Th. II. III. IV. VI. Artikel: Einfache Maschinen, Hebel, Rad an der Achse, Schiefe Ebene, Keil, Schraube.

III.

Mittel zum Fortpflanzen und Reguliren einer Bewegung.

1. Die Räderwerke.

§. 68.

Zur Einrichtung von Maschinen sind diejenigen Mittel, wodurch man eine Bewegung von einem gewissen Orte aus nach andern Orten hin, und zwar in mancherley Richtungen, fortpflanzen kann, von höchster Wichtigkeit. Ohne diese Mittel könnten die allermeisten Maschinen gar nicht existiren. Besonders nützlich zu solchen Fortpflanzungen sind die Seilräder und die gezahnten Räder (Zahnräder).

Seilräder sind Räder, um deren Peripherie (auf ähnliche Art wie bey den Rollen §. 47 f.) straffe Seile, Schnüre oder Riemen geschlagen sind, um dadurch die Bewegung des einen Rades nach dem andern und nach

mehreren hin fortzuleiten. Oft geht das Seil oder die Schnur von einem Rade hinweg um eine Rolle oder um eine Walze und dann werden diese dadurch auf gleiche Art in Bewegung gesetzt.

Fig. 7. Taf. II. zeigt eine solche Verbindung von zwey Rädern, oder auch eines Rades und einer Rolle mittelst eines Seiles. Wird *A* bewegt, so läuft wegen der Reibung, die das Seil auf der Peripherie der Räder bewirkt, auch *B* um. Ist *B* so groß als *A*, so läuft es begreiflich mit derselben Geschwindigkeit wie *A* um; ist es aber kleiner, so verhält sich die Zahl seiner Umläufe zur Umwälzung des *A* umgekehrt wie die Peripherie des *A* zu seiner Peripherie oder wie der Durchmesser des *A* zu seinem Durchmesser. So würde demnach *B* vier Umläufe während einer Umdrehung des *A* machen, wenn sich der Durchmesser des *B* zum Durchmesser des *A* wie 1 : 4 verhält.

Solche Seilräder findet man unter andern bey Schleifmaschinen, Polirmaschinen, Spinnmaschinen, Krempelmaschinen rc. angewandt. — Unter Seilrad kann man aber auch eine liegende Winde verstehen, deren Wellbaum ein ungezahntes Rad enthält, über dessen Stirn ein Seil ohne Ende gelegt ist. Eiserne Gabeln neben der Spur oder Rinne des Seils verhindern dessen Abrutschen.

§. 69.

Ungleich nutzbarer zum Fortpflanzen der Bewegung sind allerdings die gezahnten Räder oder Zahnräder (§. 46.). Um eine verschiedene Umlaufsgeschwindigkeit zu erhalten, so greift gewöhnlich ein Rad in ein verhältnißmäßig kleineres Rad ein, welches man

Getriebe oder Trilling nennt. Die Zähne dieser Trillinge, denen man den Namen Triebstöcke giebt, sind oft nur runde Stöcke, die in gleicher Entfernung von einander zwischen zwey kreisförmigen Scheiben in kreisförmiger Runde befestigt sind. Gehen die Zähne eines Rades mit dem Halbmesser nach einerley Richtung hin, so heißt es Stirnrad; stehen aber die Zähne auf der Peripherie des Rades senkrecht, folglich parallel mit der Welle des Rades, so wird es Kammrad oder Kronrad genannt. Ein solches Kammrad dient, um eine horizontale Bewegung in eine vertikale, oder umgekehrt, eine vertikale Bewegung in eine horizontale zu verwandeln. — So ist *A* Fig. 8. Taf. II. ein Stirnrad, welches in ein liegendes (horizontales) Getriebe *a* eingreift. Die Welle dieses Getriebes enthält ein Kammrad *B*, dessen Zähne in ein stehendes (vertikales) Getriebe *b* eingreifen. Hier sieht man also deutlich die Verwandlung der horizontalen Bewegung in die vertikale.

Alle Arten von Mühlen, die Uhren und mancherley Arten von Hebzeugen bewähren unter andern die hohe Nützlichkeit der Räderwerke.

§. 70.

Wenn ein Rad ein Getriebe in Bewegung setzt, so schiebt begreiflich jeder Zahn des Rades einen Triebstock des Getriebes weiter, folglich wird das Getriebe einmal herumgekommen seyn, wenn so viele Triebstöcke von eben so vielen Zähnen fortgeschoben sind, als das Getriebe in seinem ganzen Umkreise Triebstöcke enthält. Hat das Rad *A* Fig. 8. Taf. II. 80 Zähne und

das Getriebe *a* 8 Triebstöcke, so schieben 8 Zähne des Rades das Getriebe einmal herum, folglich werden die 10mal 8 oder alle 80 Zähne des Rades das Getriebe 10mal herumdrehen. Man findet daher die Anzahl der Umläufe des Getriebes während einem Umgange des in das Getriebe greifenden Rades, wenn man die Anzahl der Zähne des Rades durch die Anzahl der Triebstöcke des Getriebes dividirt. So giebt in jenem Beyspiele $\frac{80}{8} = 10$ die Anzahl der Umdrehungen des Getriebes *a* während einem Umgange des Rades *A*.

Das Rad *B*, welches an der Welle des Getriebes *a* festsitzt, kommt mit dem Getriebe begreiflich zu gleicher Zeit herum. Gesetzt, das Rad *B* habe 60 Zähne und griffe in das Getriebe *b* von 6 Triebstöcken. Alsdann schieben wieder 6 Zähne des Rades die 6 Triebstöcke des Getriebes weiter, folglich das Getriebe einmal herum. Das Getriebe *b* kommt daher während einem Umlaufe des Rades *B* $\frac{60}{6} = 10$mal herum. Da nun das Rad *B* selbst 10 Umläufe während einer Umdrehung des Rades *A* macht, so ist die Zahl der Umläufe des Getriebes $b = 10 \cdot 10 = 100$ während einem Umgange des Rades *A*. Um also bey einem Räderwerke die Anzahl der Umläufe des letzten Getriebes oder Rades während einem Umgange des ersten zu finden, so braucht man blos das Produkt der Zähne der Räder durch das Produkt der Triebstöcke der Getriebe zu dividiren; alsdann giebt der Quotient das verlangte Resultat. In dem obigen Beyspiele wäre es

$$= \frac{80 \cdot 60}{8 \cdot 6} = 100.$$

Hätte von drey Rädern das erste 100, das zweyte 80, das dritte 60 Zähne und von drey damit durch den Eingriff verbundenen Getrieben das eine 10, das andere 8 und das dritte 6 Triebstöcke, so wäre die Zahl der Umläufe des letzten Getriebes während einer Umdrehung des ersten Rades $= \frac{100 \cdot 80 \cdot 60}{10 \cdot 8 \cdot 6} = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000.$

Bestände ein Räderwerk aus fünf Rädern und fünf Getrieben und hätte das erste Rad 120, das zweyte gleichfalls 120, das dritte 100, das vierte 80 und das fünfte 48 Zähne, die ersten drey Getriebe jedes 10, das vierte und fünfte jedes 8 Triebstöcke, so machte das letzte Getriebe

$$\frac{120 \cdot 120 \cdot 100 \cdot 80 \cdot 48}{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 8} = 86400 \text{ Umläufe}$$

während einer Umdrehung des ersten Rades. Brauchte nun das erste Rad 24 Stunden zu einem Umgange, so liefe das letzte Getriebe in **einer Sekunde** einmal herum (weil 86400 Sekunden = 24 Stunden.

§. 71.

Begreiflich darf man das Verhältniß des Rad-Durchmessers zum Getriebe-Durchmesser nicht willkührlich annehmen, vielmehr muß es sich nach der Anzahl Zähne und Triebstöcke richten, wenn der Eingriff ordentlich von statten gehen soll; und zwar **muß sich der Durchmesser des Rades zum Durchmesser des Getriebes eben so verhalten wie die Anzahl der Zähne des Rades zur Anzahl der Triebstöcke des Getriebes.** Nur so kann die Entfernung der Zähne und der Triebstöcke von einander passend eingerichtet werden. Greift ein Rad von 60 Zähnen in ein Getriebe von 10 Triebstöcken ein, und

nennt man den Durchmesser des Rades D, des Getriebes d; so verhält sich

$$D : d = 60 : 10 = 6 : 1.$$

Es ergiebt sich also immer aus der Anzahl Zähne des Rades und der Triebstöcke des Getriebes das Verhältniß des Rad-Durchmessers zum Getriebe-Durchmesser; so wie sich umgekehrt aus diesem Verhältnisse das Verhältniß der Anzahl Zähne des Rades zur Anzahl Triebstöcke des Getriebes ergiebt. Dasselbe Verhältniß findet auch (nach §. 46.) für Last und Kraft statt.

§. 72.

Ist das Verhältniß der Umläufe des letzten Rades oder Getriebes zu **einem** Umgange des ersten gegeben, so kann man daraus die Anzahl Räder und Getriebe selbst, sammt der Anzahl ihrer Zähne und Triebstöcke finden. Man zerfällt nämlich den Exponenten jenes Verhältnisses, der ein Bruch mit dem Nenner 1 ist, in so viele Faktoren, als man Räder und Getriebe haben will, oder als man ihre Anzahl für gut hält; multiplicirt man dann Zähler und Nenner jedes einzelnen dieser Brüche mit einerley (für die Triebstöcke des Getriebes gewählten) Zahl, so verändert sich dadurch der Werth dieser Brüche oder Faktoren, folglich auch das angenommene Verhältniß nicht, und man bekommt dann die richtige Anzahl von Zähnen und Triebstöcken.

Nimmt man z. B. das Verhältniß der Umdrehungen des erstern zum letzten Rade wie 1 : 80 an, so ist $\frac{80}{1}$ der Exponent dieses Verhältnisses. Diesen Exponen-

ten kann man in die Faktoren $\frac{10}{1} \cdot \frac{8}{1}$ zerfällen. Multiplicirt man nun Zähler und Nenner des ersten Bruchs mit 8, des andern mit 6, so erhält man die Faktoren $\frac{80}{8} \cdot \frac{48}{6}$. Man bekäme alsdann ein Rad mit 80 und ein anderes mit 48 Zähnen, so wie ein Getriebe mit 8 und ein anderes mit 6 Triebstöcken. Diese geben das aufgegebene Verhältniß 1 : 80 wieder; denn $\frac{80}{8} \cdot \frac{48}{6} = 80$.

Hätte man den Zähler und Nenner sowohl des ersten als auch des andern Bruchs mit 10 multiplicirt, so hätte man die Faktoren $\frac{100 \cdot 80}{10 \cdot 10}$, folglich ein Rad mit 100 und ein anderes mit 80 Zähnen, und jedes der zwey Getriebe mit 10 Triebstöcken erhalten. Das Resultat der Umläufe des letzten Getriebes zu einem Umgange des ersten Rades wäre dann dasselbe gewesen, nämlich $\frac{100 \cdot 80}{10 \cdot 10} = 80$. — Man hat also die Wahl unter mehreren Zahlen, die zu einerley Resultat führen. Welche zu irgend einer Maschine die zweckmäßigsten sind, wird man vorzüglich in Hinsicht des zu Gebote stehenden Raumes aus dem Verhältniß der Durchmesser für die Räder und Getriebe beurtheilen.

Soll das Verhältniß der Zahl der Umdrehungen des ersten Rades zu derjenigen des letzten wie 1 : 240 seyn, so kann man $\frac{240}{1}$ in die Faktoren $\frac{24}{1} \cdot \frac{10}{1}$ zerfällen und wenn man dann zwey Getriebe jedes mit 10 Triebstöcken wählte, so bekäme man ein Rad von 240 und ein anderes von 100 Zäh-

nen; denn $\frac{240}{10} \cdot \frac{100}{10} = 240$. Da würde aber das erste Rad gar groß ausfallen. Deswegen nimmt man lieber drey Räder und drey Getriebe, indem man den Exponenten $\frac{240}{1}$ in die Faktoren $\frac{10}{1} \cdot \frac{6}{1} \cdot \frac{4}{1}$ zerfällt. Nimmt man nun drey Getriebe jedes zu 10 Triebstöcken, so bekommt man drey Räder von 100, 60 und 40 Zähnen; denn

$$\frac{100}{10} \cdot \frac{60}{10} \cdot \frac{40}{10} = 240.$$

§. 73.

Zuweilen kann man den gegebenen Exponenten nicht in solche Faktoren zerfällen, woraus sich paßliche Räder bilden lassen, zuweilen kann man ihn auch gar nicht in Faktoren zerlegen, (wenn er nämlich eine Primzahl ist). Alsdann bildet man durch Probiren solche Brüche, welche paßliche Räder und Getriebe geben und deren Produkt dem gegebenen Exponenten gleich ist. Wäre z. B. der Exponent $\frac{117}{1}$, so könnte man die Faktoren $\frac{91}{9} \cdot \frac{81}{7}$ wählen, weil $\frac{91 \cdot 81}{9 \cdot 7} = 117$.

Um zu keiner übermäßigen Reibung Anlaß zu geben, so macht man Räder, Getriebe, Wellen und Zapfen nicht stärker, als ihr auszuhaltender Druck erfordert. Die Triebstöcke muß man immer etwas stärker machen, als die Zähne, weil die Triebstöcke wegen ihrer geringern Anzahl den Druck öfter ausstehen. Auch sind kürzere Zähne besser als längere, weil sie nicht so leicht abbrechen, so wie am Rade eine größere Anzahl verstatten. Geht die Zahl der Triebstöcke nicht in der Zahl der Zähne des eingreifenden Rades auf, sind diese Zahlen also Primzahlen unter sich (wie bey $\frac{91}{9}$, $\frac{81}{7}$ u. s. w.),

so berührte einerley Zahn nicht so oft denselben Triebstock, es würden Zähne und Triebstöcke besser an einander abgeschliffen und die Gestalt derselben würde übereinstimmender. Aber besser ist es allerdings, den Zähnen gleich eine ursprünglich regelmäßige Gestalt zu geben, dadurch, daß man die Zähne der Kammräder nach der Cycloide, diejenigen der Stirnräder nach der Epicycloide abründet. Man macht Zähne und Triebstöcke am liebsten aus recht harten dichten Materien und zwar die Zähne aus andern als die Triebstöcke, weil dadurch die Reibung beym Eingriff vermindert wird. Bey kleinern Räderwerken (zu Uhren rc.) macht man die Räder gern von Messing, die Getriebe von Stahl; bey größern (zu Mühlen rc.) macht man z. B. die Zähne aus Weißbüchenholz, die Triebstöcke aus Weißdorn, wilden Apfelbaum rc. Aber auch Räder großer Maschinen macht man nicht selten aus Eisen. Die eisernen, recht glatten und cylindrischen Wellzapfen läßt man in messingenen, oder noch besser in glockenmetallenen, oder auch in harten steinernen Lagern oder Pfannen laufen.

L. Euler, de aptissima figura rotarum dentibus tribuenda; in den Comment. nov. Acad. scient. imper. Petropol. Tom. V. ad an. 1754. 1755. Petrop. 1760 4. p. 299 f.

A. G. Kaestner, de rotarum dentibus, in den Comment. Soc. reg. scient. Goetting. ad 1781 et 1782.

J. Gerstner, Vergleichung der Kraft und Last beym Räderwerk, mit Rücksicht auf die Reibung; in den Neuern Abhandlungen der Kön. Böhm. Gesellsch. der Wissensch. Bd. I S. 266 f.

J. G. Hofmann, Anleitung zur Verzeichnung der Kämme des Räderwerks in Mühlen. Königsberg 1802. 8.

Beyträge zur Verbesserung des Mühlenbaues, zwey von der Hamburg. Gesellschaft zur Beförderung der Künste und nützlichen Gewerbe gekrönte Preisschriften (von Uhlhorn und Meißner). Hamburg 1804. 4.

2. Krummzapfen, Kunstkreuze und Stangenkünste.

§. 74.

Unter den Mitteln, eine Bewegung nach verschiedenen Richtungen, und zwar oft mit Ersparniß von vieler Kraft, fortzuleiten, sind in der Maschinenlehre auch die Krummzapfen oder Kurbeln, die Kunstkreuze und die Stangenkünste oder Gestänge von großer Wichtigkeit. Der Krummzapfen oder die Kurbel ist ein gebogener Hebel, wovon das eine Ende mit der Achse einer Welle in Verbindung gebracht ist, an dem andern aber die Kraft so wirkt, daß dadurch der Hebel in die Runde bewegt wird. Mittelst der Stangenkünste kann das Fortleiten der Bewegung selbst auf eine große Entfernung hin geschehen. Durch Krummzapfen oder auch durch Kunstkreuze macht man die Bewegung der Gestänge hin und her gehend; man verwandelt durch sie eine kreisförmige Bewegung in die geradlinichte, oder umgekehrt die geradlinichte in die kreisförmige. Oft macht man durch Krummzapfen eine Bewegung recht schnell auf- und niedersteigend. Durch die Kunstkreuze wird hauptsächlich auch eine horizontale Bewegung in die vertikale und umgekehrt eine vertikale in die horizontale verwandelt.

Die vornehmste Anwendung findet die Stangenkunst auf Berg- und Salzwerken, wo sie ihre Bewegung durch Wasserräder (Kunsträder) mittelst des Krummzapfens erhält. Sie muß da Pumpen betreiben, welche die Wasser (in Bergwerken das Grubenwasser, auf Salzwerken die Soole) in die Höhe fördern. Steht die

Stangenkunst frey im Felde, so nennt man sie auch **Feldgestänge**. Ein solches Feldgestänge schiebt oft über Berg und Thal, über Chausseen und unter Brücken hin. Ist das Gestänge nur kurz (wenn nämlich Kunsträder und Pumpen nahe beysammen stehen), so giebt man ihm den Namen **Feldgeschleppe**.

Die Anwendung von **Kurbeln** sieht man auch häufig an allerley **Handmühlen**, an **Haspeln**, an **Schleifmaschinen**, an **Sägemühlen**, an **Spinnrädern**, **Spinnmaschinen** u. s. w. Bey **Tretspinnrädern** und ähnlichen kleinen Maschinen, die durch Treten in Bewegung gesetzt werden, ist die Kurbel mit einer Stange (einem Arme, Knechte 2c.) verbunden, welche durch ihre auf- und niedergehende Bewegung das Umdrehen der Kurbel und des Rades bewirkt, an deren Achse die Kurbel sitzt. Zuweilen wird durch Umdrehung der an einer umlaufenden Welle angebrachten Kurbel ein kleines Gestänge oder eine ähnliche kleine Vorrichtung schnell auf- und nieder bewegt, oder hin und her geschoben, wie man unter andern an dem Gatter der Sägemühlen, an dem Abstreifekamme der **Krempelmaschine**, an dem Hin- und Hergange der Siebe in **Grützmühlen** und des Rechens in **Papiermühlen**, an dem Auf- und Zuschließen der Schenkel einer Scheere bey **Tuchscheermaschinen**, bey **Blechschneidemühlen**, **Drathmühlen** 2c. und bey ähnlichen Veranlassungen sieht.

§. 75.

Die Gestalt der gewöhnlichen **Kurbel** zeigt Fig. 9. Taf. II. Sie besteht aus dem Eisen *cb*, welches mit seinem viereckigten Ende fest in die Achse der Welle *ab* getrieben ist, aus dem **Kurbelarme** oder dem Theile *cd*, gewöhnlich als Hebelsarm der Kraft wirksam, und aus dem Handgriffe oder der **Warze** *de*. Bey großen

Maschinen ist das Ende des Eisens *cb*, welches in die Welle kommt, der größern Haltbarkeit wegen noch mit einem Blatte oder einer Art Schaufel versehen. Der Hebelsarm *cd* ist meistens gerade; zuweilen wird er aber auch krumm gemacht, wie Fig. 10. Bey vielen Maschinen, namentlich bey den Handmühlen, wirkt am Kurbelgriffe die Kraft und treibt die Kurbel in die Runde und mit derselben die Welle sammt den übrigen Theilen der Maschine herum. Zuweilen ist aber auch die Last oder der zu überwältigende Widerstand an dem Kurbelgriffe angebracht (z. B. bey den Tretspinnrädern, bey dem Gatter der Sägemühlen, bey den Stangenkünsten der Berg- und Salzwerksmaschinen). Alsdann kommt die bewegende Kraft von der Kurbel-Welle her.

Wird die Kurbel durch eine an ihrer Warze beschäftigten Kraft in Bewegung gesetzt, so ist bey jeder einzelnen Umdrehung die Wirkung der Kraft auf die Kurbel sehr ungleich. Zieht ein Mensch die Kurbel von oben nach unten zu gegen sich, so kann er, außer seiner Muskelkraft, mit einem großen Theile des Gewichts seines Körpers darauf wirken; stößt er sie aber von sich von unten nach oben hinauf, so übt er gar wenige Kraft auf dieselbe aus. Indessen thut bey einer schnellen Umdrehung der Kurbel die Trägheit (§. 6.), das ihrige, besonders da, wo durch die Kurbel-Welle, mittelbar oder unmittelbar, Räder, Scheiben oder Steine (z. B. Spinnräder, Schleifsteine ꝛc.) in Umlauf gesetzt werden. Man sucht aber die durch Trägheit erzeugte gleichförmigere Bewegung, namentlich bey Handmühlen und ähnlichen größern Maschinen, durch ein Schwungrad noch weit vollständiger zu bewirken. Man versteht

nämlich unter Schwungrad jedes ungezahnte Rad mit schwerem Kranze, welches die Eigenschaft hat, die einmal empfangene Achsenbewegung eine Zeitlang ohne neuen Antrieb vermöge seiner Trägheit mit derselben Geschwindigkeit fortzusetzen. Je größer und schwerer es ist, desto vollkommener erreicht man mit ihm seinen Zweck (§. 20.). Wird ein solches Schwungrad, wie Fig. 12. Taf. II. mit einer Handmühle verbunden, so enthält es nahe an seinem Kranze bey *a* einen Griff zum Drehen. Alsdann ist *ca* ein Hebelsarm der Kraft.

Man biegt auch wohl die Kurbel in einen doppelten Winkel, wie *c* und *d* Fig. 11. und bekommt so den gekröpften Haken oder die gekröpfte Stange. Alsdann kann (wie man es bey manchen Haspeln sieht) ein Mensch an *c* und ein anderer an *d* fassen; während nun der eine hinauf drückt, zieht der andere hinunter. Verbindet man mit *c* und *d* Stangen (z. B. Hebel mit Pumpenstangen), so wird die eine hinaufbewegt, während die andere herabsteigt.

Eigentlich sind auch alle Wasserräder, Windflügel, Läufer in Mahlmühlen, Schleiffsteine und ähnliche umlaufende Maschinentheile, welche nach Verhältniß ihrer Geschwindigkeit in Schwung gerathen und dadurch den gleichförmigen Gang der Maschine mit befördern helfen, als Schwungräder anzusehen. Zuweilen vertreten auch solche Maschinentheile ganz allein die Stelle des Schwungrades, wie z. B. die Läufer in Windmühlen.

Recht sehr für manche Zwecke der Anwendung werth, sind, statt der gewöhnlichen starken Krummzapfen, die englischen **Kurbelscheiben**, welche weniger Masse als die Kurbeln besitzen und sich doch durch größere Stärke, Dauerhaftigkeit, mehr Gleichförmigkeit im Umdrehen und andere Eigenschaften auszeichnen.

§. 76.

Ist die Kurbel zur Ueberwältigung eines Widerstandes, z. B. zur Treibung eines Sägegatters, einer Stangenkunst ꝛc. bestimmt, so kann von wirksamer Correction durch Schwungkraft keine Rede seyn. In diesem Falle muß man folgendes bedenken. Beym höchsten und tiefsten Stande der Warze steht die Kurbelstange *cd* Fig. 9. lothrecht und in diesen Stellen ist das Moment der Last = 0. In allen übrigen Stellen weicht die Lage der Kurbelstange von der lothrechten um einen gewissen Winkel ab. Am größten ist dieser Abweichungswinkel in der horizontalen Lage des Kurbelarms; folglich ist da auch das statische Moment am größten. Von da nimmt bey Drehung der Kurbel, dieses Moment nach unten erst bis auf 0 ab, dann bey der Beschreibung des folgenden Viertelkreises wieder bis zum horizontalen Halbmesser zu, von da bis zum vertikalen Stande wieder ab; u. s. f. Es kann also während des Umlaufs der Warze wegen jenes steten Moment-Wechsels keine recht gleichförmige Bewegung statt finden. — Fig. 10. Taf. II. sieht man eine Kurbel (und zwar eine gekrümmte) wo erst *ca*, dann, bey Umdrehung der Kurbel, *cb* den Hebelsarm der Last abgiebt, und wo man leicht das Abnehmen dieses Hebelsarms bis 0, dann wieder das Zunehmen desselben begreifen wird.

K. Chr. Langsdorf, Fortsetzung des Lehrbuchs der Hydraulik, welche eine Theorie der Schwungräder und ihre Anwendung bey Maschinen enthält. Altenburg 1796. 4.

Dessen Theorie des Krummzapfens ꝛc. Erlangen 1803. 8.

Dessen neuere Erweiterungen der mechanischen Wissenschaften. Mannheim und Heidelberg 1816. 8. S. 120 f.

H. C. Brodreich, Versuch einer Theorie des Schwungrades und der Kurbel ꝛc. Frankfurt a. M. 1805. 8.

§. 77.

Durch diejenigen von Holz verfertigten Winkelhebel, welche man Kunstkreuze nennt, bewirkt man eine auf- und niederspielende Bewegung; auch verwandelt man durch sie auf- und niederspielende Bewegungen in hin- und hergehende, oder umgekehrt hin- und hergehende in auf- und niedergehende. Meistens sind sie mit der Stangenkunst verbunden.

So ist *dgef* Fig. 13. Taf. II. ein Kunstkreuz. Es bekommt um seinen Mittelpunkt eine in einer vertikalen Ebene liegende Bewegung. Wenn an seinem einen Arme *d* eine vertikale Stange *l* angebracht ist, welche eine auf- und niederspielende Bewegung hat, so wird dadurch das Kunstkreuz in eine auf- und niederwiegende Bewegung versetzt. Sind nun an den vertikalen Armen *g* und *f* des Kreuzes gehörig unterstützte horizontale Stangen oder Arme angebracht, so kommen diese in eine hin- und herschiebende Bewegung; und ist eine solche Stange mit einer Kurbel *ab* verbunden, so wird diese, folglich auch die Welle, worin sie steckt, sammt dem etwa mit der Welle vereinigten Räderwerke, durch die Bewegung der Stange in Umdrehung gesetzt. Die Bewegung des Apparats kann aber auch von der Welle *a* herrühren. Alsdann bringt umgekehrt die Welle das Gestänge in eine hin- und herschiebende Bewegung; durch das bey *g* oder bey *g* und *f* mit dem Kunstkreuze verbundene Gestänge kommt jenes in ein Auf- und Niederwiegen und dadurch können Stangen (z. B. Pumpenstangen) in eine auf- und niedersteigende Bewegung versetzt werden, so daß von den Stangen *l* und *m* im-

mer abwechselnd eine niedersinkt, während die andere emporsteigt.

Das Kunstkreuz braucht aber nicht immer ein ganzes Kreuz zu seyn, d. h. nicht immer alle vier Arme zu besitzen. Oft sind nur drey Arme nöthig, wie *a*, *b* und *c* Fig. 15. und dann ist das Kunstkreuz ein halbes. Zuweilen sind auch zwey Arme hinreichend und dann ist das Kreuz ein Viertelskreuz, wie man zwey derselben bey Fig. 16. sieht.

Wenn die von dem Kunstkreuze in Bewegung zu setzenden Stangen unmittelbar von den Enden der Arme herabhängen, wie bey *d* und *e* Fig. 13., so können sie sich nicht genau in einer vertikalen Linie auf und nieder bewegen. Dieser Unvollkommenheit hilft man, wie Fig. 15. und 16. zeigt, durch Gelenkketten und an den Enden der Kreuzarme angebrachte bogenförmige Theile ab. An letzteren und an den Stangen, welche auf- und niederbewegt werden sollen, sind die Ketten befestigt, die nun, bey der Bewegung der Kreuze und ihrer bogenförmigen Arme, immer von einerley Punkte herabhängen, der stets das Ende eines und desselben horizontalen Halbmessers ausmacht.

§. 78.

Die Haupttheile der Stangenkunst sind fichtene oder tannene in einander verkammte, oft auch an ihrer Vereinigungsstelle mit angeschraubten Eisen (Backeneisen, Wangeneisen) belegte Schubstangen (Zugstangen), wie *kk* Fig. 13., *ce* Fig. 14., *ec* Fig. 15. Da solche Schubstangen auf keine große Länge ganz frey fortgeführt werden können, so giebt man ihnen

von Strecke zu Strecke Unterstützungen. Diese Unterstützungen müssen aber beweglich seyn, damit die Reibung möglichst verringert werde. Sie bestehen entweder aus bloßen Walzen, auf deren Peripherie die Schubstangen hin- und herrollen können, oder aus geraden Armen, sogenannten Leitarmen, Lenkern, Schwingen, welche sich in zweckmäßigen Lagern oder Pfannen um cylindrische Zapfen hin- und herwiegen. Die ganze Unterstützungsvorrichtung wird gewöhnlich Kunstbock genannt. Je länger das Gestänge ist, desto mehr Kunstböcke sind nöthig. Das Gestänge ist aber desto länger, je weiter die bewegende Kraft (das fließende Wasser mit den Kunsträdern) von denjenigen Theilen entfernt ist, welche eigentlich vermöge des Zwischengeschirrs (des Gestänges) in Bewegung gesetzt werden sollen.

In Fig. 13. stellte *cc* doppelte Schwingen vor, weil sie ein doppeltes Gestänge halten, d. h. an ihren beyden Enden mit Schubstangen versehen sind. Fig. 14. zeigt eine schwebende Schwinge *d*, welche auf ähnliche Art wie eine Thür um ihre Angeln schwingt. Fig. 15. sieht man bey *de* eine stehende Schwinge, welche um eine Welle hin und her schwingt. Denkt man sich *de* umgekehrt, so hat man eine hängende Schwinge.

Nach Langsdorf kann bey den Schubstangen die Entfernung der Unterstützungen 24 bis 30 Pariser Fuß betragen, die Breite der Stangen 4 bis 6 Zoll, ihre Höhe 5 bis 7 Zoll. Derselbe sehr gelehrte und erfahrne Mann schätzt den Widerstand, den die einzelnen 24 Fuß langen, 6 Zoll breiten und 7 Zoll hohen Schubstangen ertragen können, auf 120 und mehrere Centner.

§. 79.

Mittelst der Kunstkreuze (§. 77.) giebt man den Schubstangen an der bestimmten Stelle eine neue Richtung. Ständen auf *d* und *e* Fig. 13. ein Paar Stangen (oder auf *e* auch nur eine), so verwandelte man die horizontale Bewegung in eine in die Höhe gehende vertikale. Nun kann man die Enden der vertikalen Stangen wieder mit den Enden der horizontalen Arme eines zweyten Kreuzes verbinden, welches dann wieder in ein solches Auf- und Niederwiegen gebracht wird, daß man mit seinen vertikalen Armen wieder horizontale Schubstangen verbinden kann. Und so ist man im Stande, durch eine Verbindung von Schubstangen mit den dazu gehörigen Schwingen und Kunstkreuzen eine Bewegung weit hin, bald hinaufwärts, bald seitwärts zu verpflanzen.

Aber auch Zwillinge und Wendeböcke oder Werkstempel sind sehr nothwendig, um einer Bewegung eine andere Richtung zu geben, namentlich um eine horizontale Bewegung des Gestänges theils schräg an einer Anhöhe hinaufzuführen, auch wieder von einer Anhöhe schräg herabzuleiten, theils sie unter einem Winkel horizontal zu brechen, dem Wege des Gestänges eine andere Richtung zu ertheilen, auch dasselbe etwa um einen Berg herumzuführen. Der Zwilling, zu dem erstern Zwecke bestimmt, ist ein bald mehr bald weniger spitziger, zuweilen auch ein rechter Winkelhebel, wie *b* Fig. 14., der seinen Scheitel in einer kleinen horizontalliegenden hin- und herwiegenden Welle hat. Ein solcher Zwilling schwingt in einer vertikalen Fläche, während der eben so gestaltete Wendebock oder Werk-

stempel an einer vertikal stehenden Welle in einer horizontalen Fläche hin und her sich bewegt. Der Zwilling steht mit seiner Welle *b* auf dem höchsten Gipfel der Anhöhe. Kommt die Direction der Bewegung von *a* schräg herauf, so kann mittelst des Zwillings oben wieder ein horizontales Gestänge betrieben werden. Führte oben die Richtung der Schubstangen herunterwärts nach *cf*, so würde ein schräg herunterwärts gehendes Schieben statt finden. Wo möglich macht man den Winkel der Zwillinge und Werkstempel von einer solchen Größe, daß die Schubstangen unter rechten Winkeln auf ihre Arme losgehen.

§. 80.

In die Warze des Krummzapfens wird, wie man bey *b* Fig. 13. sieht, eine stärkere Stange gehängt, als die übrigen Schubstangen sind, nämlich die sogenannte Bläuelstange oder Korbstange. Das Loch in ihrem Kopfe, welches die Warze aufnimmt, ist mit einer eisernen Büchse gefüttert, die auf jeder Seite einen Flügel hat. Eiserne Ringe, welche über jene Flügel gehen, verhindern das Herausrutschen der Büchse.

Wenn nun das Wasserrad oder Kunstrad in Umdrehung ist, so wird das Gestänge Fig. 13—16. hin- und hergeschoben und die Fortpflanzung der bewegenden Kraft geschieht auf die bewußte Art. In Fig. 16. sind die Schubstangen so mit den Viertelskreuzen verbunden, daß sich, beym Fortschieben des Gestänges *m* nach der rechten Seite hin, der Arm *o* hinunter-, der Arm *r* hinaufwiegt, beym Fortschieben nach der linken Seite umgekehrt der Arm *o* hinauf-, der Arm *r* aber hinunterbewegt.

Hat beym Hin- und Hergange der Schwingen der angegriffene Punkt derselben die Hälfte seines Weges zurückgelegt, so steht die Stangenkunst im Mittel. Alsdann muß jede Stange im angegriffenen Punkte des Lenkers einen rechten Winkel mit derjenigen Linie machen, welche sich von diesem Punkte bis zur Umdrehungsachse des Lenkers ziehen läßt. Alle Schwingen müssen aber auch gleich lang seyn und alle Hauptpfosten (Unterstützungspfosten) müssen, so weit das Gestänge nach einer geraden Linie fortgeführt werden soll, in einer einzigen geraden Linie stehen, oder die Mittelpunkte aller in den Backen liegenden Pfannen, worin die Zapfen der Säulchen sich drehen, müssen insgesammt in einerley Vertikalfläche liegen.

A. G. Kästner, geometrische Betrachtung über das Feldgestänge; in den Nov. Comment. Societ. reg. scientiarum Gotting. Tom. II. Gotting. 1772. 4.

C. T. Delius, Anleitung zu der Bergbaukunst. Wien. 1773. 4. S. 354 f.

L. F. Cancrinus, erste Gründe der Berg- und Salzwerkskunde. Th. VII. Abth. II. Frankfurt a. M. 1773. 8. S. 113 f.

K. Ch. Langsdorf, vollständige Anleitung zur Salzwerkskunde. Altenburg 1784. 4. S. 328 f.

Dessen Lehrbuch der Hydraulik. Altenb. 1794. 4. S. 501 f. Fortsetzung dieses Lehrbuchs. 1796. 4. S. 758 f.

J. Baader, neue Vorschläge und Erfindungen zur Verbesserung der Wasserkünste beym Bergbau und Salinenwesen. Baireuth 1800. 4.

D. Gilly und J. A. Eytelwein, praktische Anweisung zur Wasserbaukunst. Heft 2. Berlin 1803. 4.

3. Gezahnter Rahmen, gezahnte Welle und ähnliche Vorrichtungen.

§. 81.

Folgender gezahnte Rahmen, (gezahntes Gatter) kann in manchen Fällen mit Nutzen ange-

wendet werden. Man giebt der Welle *f* Fig. 1. Taf. III. eines Wasserrades, einer Kurbel rc. einige Zähne, welche an zwey gegenüberliegenden Seiten in Zähne eines Rahmens greifen können, in dessen Mitte die Welle umläuft. Die Welle kann vier Zähne und jede innere Seite des Rahmens ebenfalls vier Zähne enthalten. Der Rahmen ist zwischen zwey Bäumen in Falzen beweglich; am besten ist es, wenn er, um die Reibung zu verringern, auf Rollen geht. Wenn sich nun die Welle umdreht, so greifen seine Zähne erst in die obern Zähne des Rades und schieben es, etwa in der Richtung *cd*, vorwärts. So wie der letzte Zahn der Welle oben von dem Gatter abgeht, so greifen die Wellzähne in die untern Zähne des Gatters und ziehen es wieder in der Richtung *ab* zurück; u. s. f. Das Gatter bekommt also dadurch eine hin- und herschiebende Bewegung.

Allerdings kann diese Vorrichtung in manchen Fällen statt der Kurbel gebraucht werden. Bey Umdrehung der Kurbel (§. 80.) wird die Bläuelstange unter einem mit dem Horizonte spitzigen Winkel hin- und hergezogen und bey einer solchen schiefen Richtung geht immer ein Theil der Kraft verloren. Bey jenem Gatter findet dieser Fehler nicht statt.

Bey Mangen (oder Zeugrollen) ist eine solche Vorrichtung schon mit Nutzen angewendet worden. Die Kurbel an der Welle *f* braucht dann nur immer nach einerley Richtung gedreht zu werden, um dem Rollkasten die hin- und hergehende Bewegung zu geben. Auch bey Spiegel-Schleifmühlen möchte diese Vorrichtung eine nützliche Anwendung finden können. Auch zur Bewegung von Pumpen wäre sie zu benutzen. Man brauchte nur eine daran befestigte Stange *g* (eben so wie *kg* Fig. 13. Taf. II.) mit einem vertikalen Arme des

Kunstkreuzes zu verbinden, von dessen horizontalen Armen die Pumpenstangen herabhängen. Selbst in großer Entfernung könnte diese Vorrichtung durch ein Gestänge fortgesetzt werden.

§. 82.

Eine eigne Art, die auf- und niedergehende Bewegung durch eine gezahnte Welle zu bewirken, zeigt Fig. 2. Taf. III. Die Welle ist auf einer Seite oben, auf der andern entgegengesetzten unten in einem Halbkreise wie ein Getriebe gezahnt. In jede Zahnung greifen die Zähne einer Stange *ac* und *bd* so ein, daß beym Umlauf der Welle durch den Eingriff abwechselnd *ac* herunter- und *bd* hinauf- und dann wieder *bd* hinunter- und *ac* hinaufgezogen wird. Sind nun die Stangen *ac* und *bd* mit einem Kunstkreuze verbunden, so wird dies dadurch in eine auf- und niederwiegende Bewegung gesetzt.

Wenn eine auf- und niederspielende an einer Seite gezahnte Stange (wie die Kolbenstange an dem Hauptcylinder der Dampfmaschine) in ein zur Seite angebrachtes Stirnrad greift, so wird dasselbe beym Auf- und Niedergange der Stange hin- und hergedreht. Ist nun dieses Rad mittelst eines Gesperres so mit einem andern concentrischen Stirnrade verbunden, daß beym Aufgange der gezahnten Stange blos das in dieselbe greifende Rad gedreht wird, das an der Achse sitzende zweyte Stirnrad vermöge des Gesperres aber nur beym Niedergange der Stange, so bewegt sich das letztere Rad blos nach einer Richtung herum. Ist nun die Bewegung der Stange sehr schnell, so wird die Zwischenzeit, welche auf dem Hinaufbewegen der gezahnten Stange verstreicht, als verschwindend anzusehen seyn

und in dieser Zwischenzeit das zweyte Rad, vermöge seiner Trägheit, sich doch mit der einmal erhaltenen Geschwindigkeit herumbewegen und nach der gewöhnlichen Art durch den Eingriff auf Getriebe und andere Räder wirken. — So wäre also dieses eine eigene Methode, die geradlinichte Bewegung in eine kreisförmige zu verwandeln.

Mittelst eines blossen Hebels kann das Hin- und Herbewegen gleichfalls geschehen, wenn der eine Hebelsarm von dem Däumlinge einer umlaufenden Welle zur Seite gedrückt, und gleich hinter her wieder von einer starken Stahl- oder Holzfeder in seine vorige Lage geschnellt wird. In Drathmühlen sieht man solche Vorrichtungen.

4. Elliptische Scheibe und Herzscheibe.

§. 83.

Elliptische Scheiben werden zuweilen angewandt, um etwas abwechselnd zu heben und wieder sinken zu lassen. Dreht sich die elliptische Scheibe um ihren Mittelpunkt, so muß sie das, was auf ihrem Rande liegt, bey einer Umdrehung zweymal zum Heben und zweymal zum Niedersinken bringen. Der höhere Theil der Scheibe, nach dessen Richtung die größte Achse der Ellipse geht, verrichtet das Heben, und so wie niedrigere (dem Mittelpunkte der Ellipse nähere) Theile der Scheibe kommen, so sinkt auch dasjenige wieder, was auf dem Rande liegt.

Solche elliptische Scheiben kann man begreiflich nur da mit einigem Vortheil anwenden, wo die Größe der auf- und niedergehenden Bewegung nur gering zu seyn braucht. Bey manchen Schlagwerken in Uhren hebt eine elliptische Scheibe, indem sie sich herum-

bewegt, einen Arm bald in die Höhe, bald läßt sie ihn sinken, um dadurch das Schlagen des Hammers zu bewirken. Zu Pumpenwerken und andern Hebwerken, wozu man sie in ältern Zeiten gleichfalls anwandte, hat sie andern bessern Vorrichtungen Platz machen müssen.

§. 84.

Wichtiger ist in der neuern Mechanik die herzförmige Scheibe geworden, besonders seitdem man sich derselben mit Nutzen bey den englischen Spinnmaschinen und bey dem sinnreichen Spinnrade des Engländers Antis bedient. Bey den Spinnmaschinen muß sie die in lothrechter Stellung herumlaufenden Spuhlen wechselsweise allmählig immer mehr und mehr erheben und niederlassen; bey Antis Spinnrade aber muß sie die Spuhle abwechselnd hin- und herschieben, in beyden Fällen, damit sich das Garn gleichförmig neben einander wickele.

Soll z. B. irgend ein Theil *g* Fig. 3. Taf. III. mittelst der herzförmigen Scheibe *ab* eine auf- und niedersteigende Bewegung erhalten, so kann dies oft mit Beyhülfe des Hebels *gf* und dem Röllchen *d* am besten geschehen. Gesetzt, der Hebel habe seinen Umdrehungspunkt in *f*, das Herz aber sey um den Punkt *c* beweglich und das Röllchen *d* liege auf der Peripherie der Herzscheibe. Dreht sich nun das Herz in einer gewissen Zeit um den Punkt *c* (um eine Achse) herum, so wird sich *d* mit *g* bald heben bald senken. Es ist am höchsten, wenn es auf dem Ende *b* des längsten Strahls *cb* liegt; es senkt sich allmählig immer mehr herab, so wie sich die Scheibe von *b* nach *m*, *n*, *o*

a zu dreht. Ruht das Röllchen in *a*, so hat es sammt der mit ihm verbundenen Vorrichtung die niedrigste Stellung erreicht, weil *ca* am kleinsten unter allen (mit punktirten Linien angedeuteten) Strahlen ist. Nun aber werden die Strahlen *cp*, *cq* ꝛc. wieder größer, so wie sich das Herz noch weiter umdreht; folglich nehmen die Erhebungen des Röllchens *d* wieder zu. Auf *b* hat es wieder seinen höchsten Stand erreicht.

Soll die Herzscheibe eine auf- und niedersteigende Bewegung bewirken (wie bey den Spuhlen an Spinnmaschinen), so ruhen die Spuhlen vermöge des unter ihnen befindlichen Hebels blos durch ihr Gewicht stets auf dem Rande der Scheibe. Soll die Scheibe aber eine allmählich hin- und hergehende Seitenbewegung erzeugen (wie bey der Spuhle von Antis Spinnrade), so muß das Zurückdrücken des beweglichen Theils an den Rand der Scheibe durch eine Feder bewirkt werden. — Uebrigens muß die Form des Herzens so beschaffen seyn, daß ein stets gleichförmiges Steigen und Sinken, oder ein gleichförmiges Hin- und Hergehen des auf- oder anlehnenden beweglichen Theils dadurch zuwege gebracht wird.

Der berühmte Mechaniker, Ritter von Reichenbach in München hat dieselbe Scheibe auch zur Betreibung eines Druckwerks angewandt. — K. Chr. Langsdorf, neue Erweiterungen der mechanischen Wissenschaften. Mannheim und Heidelberg 1816. 8. S. 224 f.

§. 85.

Zum Reguliren der Bewegung ist die Schnecke an einigen Maschinen von nicht geringem Nutzen. Man versteht nämlich unter Schnecke einen mit schnecken-

förmigen Gängen umwundenen abgekürzten Kegel wie Fig. 4. In den Schneckengängen liegt ein Seil oder eine Kette, um mittelst derselben durch irgend eine Kraft die Schnecke um ihre Achse zu drehen (wie bey Taschenuhren), oder durch Umdrehung der Schnecke und Umwickelung eines Seils eine Last herbeyzuziehen (wie bey den Pfergöpeln mit Spiralkorbe).

Gesetzt, eine Kraft wirke, in stets gleicher Entfernung *ag* von der Achse *pq* der Schnecke, mittelst eines Seils oder einer Kette auf die Peripherie der Schnecke, und Seil oder Kette wickeln sich dadurch bey Umwälzung derselben von ihr ab. Alsdann wirkt die Kraft erst bey *b*, später bey *d*, hierauf bey *f*, endlich bey *h*. Die Kraft wirkt folglich bey *b* in der kleinsten Entfernung von der Umdrehungsachse, hierauf bey *d* in einer größern, nach und nach immer in einer größern bey *f*, *h* u. s. w. Ihre Gewalt, die Schnecke zu drehen, wird also bey den zunehmenden Entfernungen ihres Angriffspunktes von der Umdrehungsachse immer größer. Die Wirkung der Kraft auf die Schnecke kann daher gleich bleiben, wenn auch die Kraft bey *c*, *e*, *g* immer schwächer wird, so bald nur in demselben Maaße, wie die Kraft bey *c*, *e*, *g* abnimmt, die Entfernung der Pheripherie des Schneckenganges von der Umdrehungsachse *pq* gewachsen ist.

Hieraus leuchtet unter andern die Wirkung der Schnecke in Taschenuhren hervor, wo sie den Zug der Feder (der beym Ablaufen der Uhr immer schwächer wird) in gleichförmiger Wirkung auf das Räderwerk erhalten muß.

Dritter Abschnitt.

Hydrostatische und hydraulische Lehren.

1. Druck des Wassers im Allgemeinen.

§. 86.

Wenn Wasser (sowie jede andere tropfbare Flüssigkeit) in einem Gefäße ruht, so liegt kein Tropfen auf der Oberfläche höher als ein anderer, sondern die ganze Oberfläche ist vollkommen eben und horizontal. So lange ein Theil Wasser in dem Gefäße noch höher liegt, als andere Theile, so lange kann das Wasser nicht ruhen. Denn wegen der leichten Vorschiebbarkeit der Wassertheilchen an einander würde der höher liegende Theil vermöge der Schwere in die tiefer liegenden Stellen hinabrollen, und dies Hinabrollen würde so lange fortdauern, so lange es noch tiefer liegende Stellen giebt, folglich so lange die Oberfläche des Wassers nicht vollkommen eben und horizontal geworden ist. Wenn also umgekehrt, die Oberfläche des Wassers vollkommen eben und waagrecht ist, so sind alle Wassertheilchen in Ruhe oder unter ihnen ist ein vollkommenes Gleichgewicht.

Dieser Hauptgrundsatz der Hydrostatik ist in der Erfahrung durchaus bestätigt. — Daß man hier andere Kräfte, welche auf das Wasser wirken können (z. B. von den Wänden des Gefäßes herrührende Ziehkräfte) bey Seite setzt, versteht sich wohl von selbst.

§. 87.

Steht Wasser in einem Gefäße Fig. 5. Taf. III. horizontal bis *ab*, und man könnte aus der Wasser-

masse einen Theil Wasser *c* so herausnehmen, daß um die Vertiefung herum augenblicklich feste Wände entständen, so würde sich in dem Stande *ab* des Wassers nichts verändern; das Wasser bey *b* würde noch eben so hoch stehen, als bey *a*; und wenn es ja aus dem Gleichgewicht käme, so würden alle Wassertheile nur dann wieder ruhen, wenn das Wasser in *a* und in *b* einerley Höhe erlangt hat. Daher steht in allen Gefäßen, deren innere Räume Gemeinschaft mit einander haben, das Wasser nur dann in Ruhe, wenn die Höhe des Wassers in diesen Räumen eine und dieselbe geworden ist, oder wenn die Oberfläche des Wassers in allen communicirenden Gefäßen in einer und derselben Horizontalfläche liegt.

Ist eine Röhre *a* mit einem Gefäße *b* Fig. 6. Taf. III. vereinigt, und man gießt Wasser in das Gefäß, so steigt das Wasser in der Röhre auf dieselbe Höhe, welche das Wasser in dem Gefäße hat. Bey drey, vier und mehr mit einander vereinigten Röhren und Gefäßen (wie *a*, *b* und *c* Fig. 7.), findet dasselbe statt. Gießt man in ein Gefäß Wasser bis zu einer gewissen Höhe, so bewegt sich das Wasser in allen Gefäßen so lange, bis es in ihnen überall zu gleicher Höhe gelangt ist. Fließt aus einem Behälter Wasser in einen andern auch noch so entfernten und noch so verschieden gestalteten, so muß es, nach erfolgter Ruhe, in beyden gleich hoch stehen.

Eine geneigte Röhre, oder eine gekrümmte Röhre wirkt wie eine senkrechte von gleicher Höhe. Hat man eine solche, so ist ihre Höhe immer ein Perpendikel von ihrer Mündung bis zu ihrer Grundfläche oder bis zur eingebildeten Verlängerung derselben.

§. 88.

Hat man eine wie Fig. 8. gebogene Röhre, deren einer Schenkel *c* niedriger ist, als der andere *a*, worin folglich das Wasser nicht so hoch steigen kann, als in dem andern, hat aber der niedrige Schenkel *c* oben eine kleine Oeffnung, so springt das Wasser aus dieser Oeffnung bis zu einer Höhe *b* empor, welche der Höhe des Wassers in dem andern Schenkel *a* gleich ist. Hat eine Röhre *a* Fig. 9. mit einem niedrigen verschlossenen Gefäße *c* Gemeinschaft, welches auf seiner Decke eine Menge (vielleicht unzählig viele) kleiner Löcher besitzt, so springt das Wasser aus allen diesen Löchern bis zu einer Höhe empor, die der Höhe des Wassers in der Röhre *a* gleich ist. (Es sollte wenigstens so hoch springen, wenn nicht gewisse, später zu erörternde Umstände, diese Höhe etwas verminderten.) Wenn aber das niedrige Gefäß *c* auf seiner Decke auch keine Löcher enthält, so bleibt doch das Bestreben des Wassers, in dem niedrigen Gefäße bis zu derselben Höhe zu steigen, welche das Wasser in der Röhre *a* hat, und dieses Bestreben äußert sich nun durch einen Druck, den das Wasser auf die Decke des Gefäßes ausübt. Natürlich muß dieser Druck dem Gewicht einer Wassersäule gleich seyn, von einer der Decke des Gefäßes gleichen Grundfläche und (wenn die Röhre *a* voll Wasser ist) von einer Höhe *cb*, zu welcher das Wasser noch emporgestiegen wäre, wenn es gekonnt hätte.

Ist die Röhre, wie Fig. 10. mit dem Gefäße verbunden, so wird dadurch jenes Gesetz nicht abgeändert. Der Druck, den (wenn die Röhre *f* voll ist) die Decke *cd* erleidet, ist dem Gewicht einer Wassersäule von der

Grundfläche *cd* und der Höhe *ab* gleich. — Die Röhre kann übrigens so enge seyn, als sie will. Nur so weit muß sie seyn, daß das Wasser darin frey auf- und niederspielen kann. Denn nur auf die Höhe der Röhre oder der darin befindlichen Wassersäule kommt es an, keineswegs auf ihre Weite."

Auf diesen hydrostatischen Grundgesetzen beruht die Wirkung der hydrostatischen Springbrunnen (d. h. derjenigen, welche durch den natürlichen Druck einer hohen Wassersäule springen), des Wolfschen Hebers, des s'Gravesandschen Blasebalgs, der Höllschen Wassersäulemaschine, und der hydrostatischen Presse des Bramah's, des Real und anderer. Schleusenböden, wenn sie nicht recht dicht und gut verwahrt sind, werden oft durch einen solchen Druck einer hohen Wassermasse in die Höhe gehoben, und bey manchen andern Wasserwerken kann unter ähnlichen Umständen gleichfalls mancher Schaden angerichtet werden.

Die Berechnung eines solchen Wasserdrucks ist übrigens leicht. Wäre die Fläche, auf welche der Druck haftet (z. B. *e* Fig. 9. oder *cd* Fig. 10.) = 2 Quadratfuß, die Höhe der Röhre über der Decke = 20 Fuß, so wäre der Druck, den die Decke erleidet, gleich dem Gewicht einer Wassersäule von 2 . 20 = 40 Kubikfuß. Nimmt man etwa Pariser Maaß an, und rechnet man den Pariser Kubikfuß Wasser, nach Lavoisier und Brisson, zu 70 Pfund, so betrüge jener Druck 40 . 70 = 2800 Pfund.

§. 89.

Dünne Wassersäulen und dicke Wassersäulen balanciren also mit einander, wenn sie in communicirenden Gefäßen sich befinden. Wenn sie sich aber bewegen, so ist ihre Geschwindigkeit eben so verschieden, als das

Quadrat ihrer Weite im umgekehrten Verhältniß verschieden ist.

Gesetzt, Fig. 6. Taf. III. wären zwey solche, z. B. cylindrische Gefäße; gesetzt, die Weite oder der Durchmesser von *a* wäre 1 Zoll, von *b* 6 Zoll. Alsdann verhält sich die Fläche des Querschnitts von *a* zur Fläche des Querschnitts von *b* wie $1^2 : 6^2 = 1 : 36$. Die Oberfläche des Wassers in *a* wäre also 1, diejenige des Wassers in *b* 36 Quadratzoll groß. Es enthält demnach die 1 Zoll hohe Wassersäule in *a* 1 Kubikzoll, die 1 Zoll hohe Wassersäule in *b* 36 Kubikzoll. Bewegt man nun die Wassersäule in *b* 1 Zoll tief hinunterwärts, so muß die Wassersäule in *b* 36 Zoll hoch aufwärts steigen. Es werden dann nämlich in *b* 36 Kubikzoll Wasser hinunterwärts geschoben; folglich müssen 36 Kubikzoll Wasser auch in *a* eintreten. Da hier auf einem Querschnitt nur 1 Kubikzoll Wasser Raum hat, so müssen die 36 Kubikzoll wohl 36 Zoll hoch emportreten. Dies geschieht nun in derselben Zeit, wo sich das Wasser in *b* nur um 1 Zoll tief hinunterbewegt. — Dasselbe ist begreiflich auch der Fall, wenn das Wasser in *b* steigt; alsdann geschieht die Senkung des Wassers in *a* nach demselben vorhin angegebenen Verhältnisse.

Es findet also hier eine große Aehnlichkeit mit dem Gleichgewicht und der Bewegung des Hebels statt, wo ebenfalls ein großes Gewicht mit einem kleinen balanciren kann, wo aber bey wirklicher Bewegung das kleine Gewicht auch eine um so größere Geschwindigkeit hat, um wie kleiner es gegen das große Gewicht ist.

2. Druck des Wassers gegen Böden und Seiten von Gefäßen.

§. 90.

Der waagrechte Boden eines senkrechten cylindrischen oder prismatischen Gefäßes, wie Fig. 5. Taf. III. wird von dem darin enthaltenen Wasser mit einem Gewichte gedrückt, das der Last des in dem Gefäße befindlichen Wassers selbst gleich ist. Denn alle Wassertheilchen liegen gerade über dem Boden, folglich wirken sie alle vermöge ihrer Schwere mit der Summe ihres Drucks auf den Boden.

Ueberhaupt ist der Druck auf den waagrechten Boden eines Gefäßes gleich dem Gewicht einer Wassersäule von einer der Fläche des Bodens gleichen Grundfläche und von einer der Höhe des Wassers über dem Boden gleichen Höhe. Dies läßt sich aus dem Gesetze vom Druck einer Wassersäule (§. 88.) darthun. Wenn daher ein Gefäß unten am Boden weiter ist, als nach oben zu, so leidet der Boden einen stärkern Druck, als das Gewicht der enthaltenden Wassermasse beträgt, und wenn das Gefäß unten enger ist, so leidet er einen schwächern Druck. Setzt man die Größe des Bodens $= m$ eines Quadratmaßes, die Höhe des Wassers über dem Boden $= n$ des gleichartigen Längenmaßes, so drückt mn die Größe der drückenden Wassersäule in kubischem Maaße aus.

Ist die Größe des Bodens 4 Quadratfuß, die Höhe des Wassers über dem Boden 6 Fuß, so ist der Druck, den der Boden erleidet, dem Gewicht einer Wassersäule von $4 . 6 = 24$ Kubikfußen gleich. Nimmt man Pariser Maaß und den Pariser Kubikfuß Wasser zu 70 Pfund an, so betrüge jener Druck 1680 Pfund.

§. 91.

Wegen der Verschiebbarkeit der Wassertheilchen leidet auch die Seitenwand jedes Gefäßes einen Druck von dem in dem Gefäße enthaltenen Wasser. Dieser Druck steht im Verhältniß mit dem gleichförmig sich ausbreitenden Drucke der Wassertheilchen (§. 2.). Denn wenn man in die Seitenwand eines Gefäßes eine Oeffnung macht, so springt das Wasser augenblicklich in horizontaler Richtung mit einer gewissen Geschwindigkeit hervor. Diese Geschwindigkeit hat mit der Stärke des Drucks, welchen die ausströmenden Wassertheilchen von dem übrigen Wasser erleiden, ein bestimmtes Verhältniß. In jedem Punkte der Seitenwand ist dieser Druck gleich dem senkrechten Drucke (dem Gewichte) eines Wasserfadens von der Höhe des Wasserspiegels über dem bestimmten Punkte, folglich ist der Seitendruck auf eine Fläche der Wand gleich dem senkrechten Drucke (oder dem Gewichte) einer Wassersäule, welche so hoch ist, als die Höhe des Wasserspiegels über dem Mittelpunkte der angenommenen Fläche.

Steht z. B. Fig. 11. Taf. III. das Wasser in dem Gefäße bis a, so leidet die Fläche b an der Wand des Gefäßes einen Druck, welcher dem Gewicht einer Wassersäule von der Grundfläche b und von der Höhe ab gleich ist. Macht man nämlich in b eine Oeffnung und setzt man in dieselbe eine Röhre bcd, so steigt das Wasser in dieser Röhre bis zu einer dem Wasser in dem Gefäße gleichen Höhe; folglich wird der Druck einer Wassersäule, deren Höhe $dc = ab$ ist, diesen Seitendruck aufheben.

Wäre eine Seitenfläche, welche von ruhendem Wasser gedrückt wird, 6 Quadratfuß groß, die Höhe des Wasserspiegels über dieser Fläche (immer von dem Mittelpunkte derselben gerechnet) 8 Fuß, so erlitte jene Fläche einen Seitendruck, welcher dem Gewicht einer Wassersäule von 48 Kubikfuß, oder dem Gewicht von 48 . 70 = 3360 Pfund gleich käme, wenn man den Kubikfuß Wasser (pariser Maaß) zu 70 Pfund rechnet.

Eine solche Bestimmung des Seitendrucks ist hauptsächlich in der Wasser-Baukunst von Wichtigkeit, um darnach die Stärke von Dämmen, Wehren, Schleusenwänden, Schutzbretern ꝛc. zu bestimmen. Gewöhnlich macht man diese Sachen, der Sicherheit wegen, noch einmal so stark, als nach der Berechnung nothwendig wäre. — Die Wirkung des Segnerschen Wasserrades (der Rückwürkungsmaschine, Reaktionsmaschine), so wie der Barkerschen Mühle ohne Rad und Trilling beruht gleichfalls auf dem Seitendrucke des Wassers.

3. Ausfluß des Wassers aus Oeffnungen und Durchfluß durch Röhren.

§. 92.

Wenn aus der Oeffnung eines Gefäßes Wasser fließt, so steht die Geschwindigkeit des herausfließenden Wasserstrahls in bestimmtem Verhältnisse mit der drückenden Säule. Je höher die drückende Wassersäule ist, desto schneller fließt das Wasser. Vermindert sich die Höhe der Säule (oder die Höhe des Wasserspiegels über der Ausflußöffnung), so verringert sich auch die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers. Die verschiedenen Geschwindigkeiten des Wasserstrahls aus einerley Oeffnung verhalten sich nämlich

wie die Quadratwurzeln aus der Höhe des Wasserspiegels über der Ausflußöffnung, so wie die Endgeschwindigkeit bey dem Falle der Körper (§. 14. 15.). Denn der Druck des Wassers durch alle Schichten der Wassersäule wirkt eben so auf die unterste Schicht, als ob diese von der Höhe der Wassersäule herabgefallen wäre. Der seitwärts herausschießende Strahl bleibt nicht geradlinicht, sondern er beschreibt wegen der Schwere (eben so, wie die seitwärts geworfenen Körper §. 21.) eine halbe Parabel, deren Gestalt nach dem Verhältnisse jener Geschwindigkeit zur Schwere bestimmt wird.

Setzt man die veränderten Höhen des Wasserspiegels über einer Ausflußöffnung 1, 4, 9 u. s. w.; so verhält sich die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers bey diesen Höhen wie 1, 2, 3 u. s. w. (§. 93.) Der Entdecker dieses Gesetzes war der berühmte Torricelli (S. Kästners Hydrodynamik. Gött. 1797. 8. S. 67 f.). — Ist der Wasserstrahl steigend (wie bey den Springbrunnen), so wird seine Geschwindigkeit geradezu durch die Schwere vermindert.

§. 93.

Auch Newton bewieß es, daß die Geschwindigkeit des aus einer Seitenöffnung schießenden Wassers so groß ist, als die Geschwindigkeit, welche ein von gleicher Höhe, wie die Höhe des Wasserspiegels über der Oeffnung, frey herabfallender Körper erlangen würde. Wenn sich nun die Geschwindigkeiten der aus einerley Oeffnung hervorschießenden, aber verschiedene Wasserspiegelhöhen (Druckhöhen) besitzenden Wasserstrahlen wie die Quadratwurzeln aus diesen

Höhen verhalten (§. 92.), so müssen sich natürlich die Ausflußmengen aus jener Oeffnung (oder überhaupt aus gleichen Oeffnungen) eben so verhalten. Dies beweißt sich dadurch, daß bey einerley Ausflußöffnung zur doppelten Ausflußmenge auch doppelte Geschwindigkeit des auslaufenden Wassers gehört, daß überhaupt die Geschwindigkeit des auslaufenden Wassers der Ausflußmenge proportional seyn muß. Indessen hat schon Newton durch angestellte Versuche gefunden, daß die Erfahrung nicht genau mit jener Theorie übereinstimmt, daß diese nämlich die Geschwindigkeit zu groß angiebt. Denn nicht nur die Friktion, sondern vornehmlich die Biegung der Wassertheilchen, ehe sie die Oeffnung erreichen, und die Zusammenziehung in der Oeffnung selbst, verringern die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers. Dieses ist in der Folge durch Versuche anderer Männer bestätigt worden. Wenn man die berechnete Geschwindigkeit 1 nennt, so war die beobachtete

nach	Newton	0,707
"	Bossüt	0,615
"	Banks	0,750
"	Michelotti	0,625
"	Helsham	0,705
"	Smeaton	0,631

Das arithmetrische Mittel hieraus wäre 0,672.

Auch die Versuche des Venturi, Gulielmini, Langsdorf, Eytelwein u. a. stimmen hiermit ziemlich genau überein. (S. Langsdorfs Lehrbuch d. Hydraulik. S. 4 f.; Eytelweins Handbuch der Mechanik und Hydraulik. S. 107 f.)

Nach Bossüt (Lehrbuch d. Hydrodynamik, übers. von Langsdorf, Bd. II. S. 47.) ist für eine kreisförmige Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser bey einer

Druckhöhe von	1	Fuß	die	Wassermenge	2722	Par.	Kub.	Zoll
"	"	2	"	"	"	3846	"	"	"
"	"	4	"	"	"	5436	"	"	"
"	"	8	"	"	"	7672	"	"	"
"	"	9	"	"	"	8135	"	"	"

Weil sich nun die Wassermengen wie die Geschwindigkeiten und diese wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen verhalten, so müßte

$\sqrt{1} : \sqrt{4} = 2722 : 5436$
$\sqrt{1} : \sqrt{9} = 2722 : 7135$
$\sqrt{2} : \sqrt{8} = 3846 : 7672$
$\sqrt{4} : \sqrt{9} = 5436 : 8135$

Hieraus sieht man wieder eine ziemlich genaue Uebereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung. Man darf daher jenes Gesetz ohne allen Anstand als wahr gelten lassen.

Die Zusammenziehung (Contraction) des Wasserstrahls rührt davon her, daß sich das Wasser von allen Seiten nach der Oeffnung bewegt und daß sich die Wassertheile von den Wänden der Oeffnung losreißen müssen. Befindet sich in der Oeffnung eine kurze cylindrische Röhre (statt der bisher angenommenen bloßen Oeffnung in der Wand), so vermindert die anziehende Kraft der Röhrenwand gegen den ausströmenden Wasserstrahl die Zusammenziehung desselben und dann kann die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers wieder größer werden.

§. 94.

Weiß man, daß die Geschwindigkeit des aus einer Seitenöffnung fließenden Wassers wie die Quadratwurzel des Wasserspiegels über der Ausflußöffnung sich verhält, und weiß man, wie die Geschwindigkeit eines von einer Höhe herabfallenden Körpers zunimmt

Wäre eine Seitenfläche, welche von ruhendem Wasser gedrückt wird, 6 Quadratfuß groß, die Höhe des Wasserspiegels über dieser Fläche (immer von dem Mittelpunkte derselben gerechnet) 8 Fuß, so erlitte jene Fläche einen Seitendruck, welcher dem Gewicht einer Wassersäule von 48 Kubikfuß, oder dem Gewicht von 48 . 70 = 3360 Pfund gleich käme, wenn man den Kubikfuß Wasser (Pariser Maaß) zu 70 Pfund rechnet.

Eine solche Bestimmung des Seitendrucks ist hauptsächlich in der Wasser-Baukunst von Wichtigkeit, um darnach die Stärke von Dämmen, Wehren, Schleusenwänden, Schutzbretern ꝛc. zu bestimmen. Gewöhnlich macht man diese Sachen, der Sicherheit wegen, noch einmal so stark, als nach der Berechnung nothwendig wäre. — Die Wirkung des Segnerschen Wasserrades (der Rückwürkungsmaschine, Reaktionsmaschine), so wie der Barkerschen Mühle ohne Rad und Trilling beruht gleichfalls auf dem Seitendrucke des Wassers.

3. Ausfluß des Wassers aus Oeffnungen und Durchfluß durch Röhren.

§. 92.

Wenn aus der Oeffnung eines Gefäßes Wasser fließt, so steht die Geschwindigkeit des herausfließenden Wasserstrahls in bestimmtem Verhältnisse mit der drückenden Säule. Je höher die drückende Wassersäule ist, desto schneller fließt das Wasser. Vermindert sich die Höhe der Säule (oder die Höhe des Wasserspiegels über der Ausflußöffnung), so verringert sich auch die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers. Die verschiedenen Geschwindigkeiten des Wasserstrahls aus einerley Oeffnung verhalten sich nämlich

wie die Quadratwurzeln aus der Höhe des Wasserspiegels über der Ausflußöffnung, so wie die Endgeschwindigkeit bey dem Falle der Körper (§. 14. 15.). Denn der Druck des Wassers durch alle Schichten der Wassersäule wirkt eben so auf die unterste Schicht, als ob diese von der Höhe der Wassersäule herabgefallen wäre. Der seitwärts herausschießende Strahl bleibt nicht geradlinicht, sondern er beschreibt wegen der Schwere (eben so, wie die seitwärts geworfenen Körper §. 21.) eine halbe Parabel, deren Gestalt nach dem Verhältnisse jener Geschwindigkeit zur Schwere bestimmt wird.

Setzt man die veränderten Höhen des Wasserspiegels über einer Ausflußöffnung 1, 4, 9 u. s. w.; so verhält sich die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers bey diesen Höhen wie 1, 2, 3 u. s. w. (§. 93.) Der Entdecker dieses Gesetzes war der berühmte Torricelli (S. Kästners Hydrodynamik. Gött. 1797. 8. S. 67 f.). — Ist der Wasserstrahl steigend (wie bey den Springbrunnen), so wird seine Geschwindigkeit geradezu durch die Schwere vermindert.

§. 93.

Auch Newton bewieß es, daß die Geschwindigkeit des aus einer Seitenöffnung schießenden Wassers so groß ist, als die Geschwindigkeit, welche ein von gleicher Höhe, wie die Höhe des Wasserspiegels über der Oeffnung, frey herabfallender Körper erlangen würde. Wenn sich nun die Geschwindigkeiten der aus einerley Oeffnung hervorschießenden, aber verschiedene Wasserspiegelhöhen (Druckhöhen) besitzenden Wasserstrahlen wie die Quadratwurzeln aus diesen

Höhen verhalten (§. 92.), so müssen sich natürlich die Ausflußmengen aus jener Oeffnung (oder überhaupt aus gleichen Oeffnungen) eben so verhalten. Dies beweißt sich dadurch, daß bey einerley Ausflußöffnung zur doppelten Ausflußmenge auch doppelte Geschwindigkeit des auslaufenden Wassers gehört, daß überhaupt die Geschwindigkeit des auslaufenden Wassers der Ausflußmenge proportional seyn muß. Indessen hat schon Newton durch angestellte Versuche gefunden, daß die Erfahrung nicht genau mit jener Theorie übereinstimmt, daß diese nämlich die Geschwindigkeit zu groß angiebt. Denn nicht nur die Friktion, sondern vornehmlich die Biegung der Wassertheilchen, ehe sie die Oeffnung erreichen, und die Zusammenziehung in der Oeffnung selbst, verringern die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers. Dieses ist in der Folge durch Versuche anderer Männer bestätigt worden. Wenn man die berechnete Geschwindigkeit 1 nennt, so war die beobachtete

nach	Newton	0,707
=	Bossût	0,615
=	Banks	0,750
=	Michelotti	0,625
=	Helsham	0,705
=	Smeaton	0,631

Das arithmetrische Mittel hieraus wäre 0,672.

Auch die Versuche des Venturi, Gulielmini, Langsdorf, Eytelwein u. a. stimmen hiermit ziemlich genau überein. (S. Langsdorfs Lehrbuch d. Hydraulik. S. 4 f.; Eytelweins Handbuch der Mechanik und Hydraulik. S. 107 f.)

Nach Bossût (Lehrbuch d. Hydrodynamik, übers. von Langsdorf, Bd. II. S. 47.) ist für eine kreisförmige Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser bey einer

Druckhöhe von 1 Fuß die Wassermenge	2722	Par. Kub. Zoll
= = 2 = = =	3846	= = =
= = 4 = = =	5436	= = =
= = 8 = = =	7672	= = =
= = 9 = = =	8135	= = =

Weil sich nun die Wassermengen wie die Geschwindigkeiten und diese wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen verhalten, so müßte

$$\sqrt{1} : \sqrt{4} = 2722 : 5436$$
$$\sqrt{1} : \sqrt{9} = 2722 : 7135$$
$$\sqrt{2} : \sqrt{8} = 3846 : 7672$$
$$\sqrt{4} : \sqrt{9} = 5436 : 8135$$

Hieraus sieht man wieder eine ziemlich genaue Uebereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung. Man darf daher jenes Gesetz ohne allen Anstand als wahr gelten lassen.

Die Zusammenziehung (Contraction) des Wasserstrahls rührt davon her, daß sich das Wasser von allen Seiten nach der Oeffnung bewegt und daß sich die Wassertheile von den Wänden der Oeffnung losreißen müssen. Befindet sich in der Oeffnung eine kurze cylindrische Röhre (statt der bisher angenommenen bloßen Oeffnung in der Wand), so vermindert die anziehende Kraft der Röhrenwand gegen den ausströmenden Wasserstrahl die Zusammenziehung desselben und dann kann die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers wieder größer werden.

§. 94.

Weiß man, daß die Geschwindigkeit des aus einer Seitenöffnung fließenden Wassers wie die Quadratwurzel des Wasserspiegels über der Ausflußöffnung sich verhält, und weiß man, wie die Geschwindigkeit eines von einer Höhe herabfallenden Körpers zunimmt

(§. 14 f.); so läßt sich auch die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers für jede Wasserhöhe und jede Zeit finden. Die Schwere muß nämlich den Wasserkörper in derjenigen Zeit, in welcher er mit gleichförmig beschleunigter Bewegung noch weiter hinunter gefallen wäre, horizontal durch eine gerade Linie treiben, welche der doppelten Druckhöhe gleich ist. Denn ein Körper erhält durch den Fall von einer Höhe eine Geschwindigkeit, mit welcher er in der Zeit des Falls einen Weg, doppelt so groß als die Fallhöhe, gleichförmig zurücklegen kann.

Man braucht daher nur, um die bewußte Geschwindigkeit zu finden, den Fallraum des Körpers in einer Sekunde mit jener doppelten Druckhöhe zu multipliciren und aus dem Produkte (oder auch aus jedem Faktor einzeln) die Quadratwurzel zu ziehen; so erhält man die theoretische Geschwindigkeit des Wassers (§. 92. 93.).

Setzt man die Druck- oder Wasserhöhe $= q$, die Fallhöhe in einer Sekunde $= g$, so ist die verlangte Geschwindigkeit $= 2\sqrt{g} \cdot \sqrt{q} = 2\sqrt{(g \cdot q)}$.

Wäre $g = 15{,}095$ Pariser Fuß, $q = 4$ Fuß, so wäre die theoretische Geschwindigkeit $= 2\sqrt{15{,}095} \cdot \sqrt{4} = 2 \cdot 3{,}87 \cdot 2 = 15{,}48$ Fuß in einer Sekunde.

§. 95.

Es ist demnach leicht, die Menge des fließenden Wassers zu bestimmen, wenn die Größe der Oeffnung und die als unveränderlich angenommene mittlere Tiefe derselben unter dem Wasserspiegel nebst der Zeit des Ausflusses gegeben sind. Man braucht nämlich aus der Tiefe der Oeffnung die Geschwindigkeit

(nach §. 94.) zu berechnen, und diese Größe mit der Größe der Oeffnung zu multipliciren, um die in einer Sekunde ausfließende Wassermenge zu erhalten. Multiplicirt man diese Größe wieder mit einer andern Zeit, binnen welcher man die Ausflußmenge haben will, so bekommt man auch für diese Zeit die Ausflußmenge.

Setzt man die Wasserhöhe (oder jene mittlere Tiefe der Oeffnung unter dem Wasserspiegel) $= q$, die Größe der Oeffnung $= f$, die gegebene Zeit $= t$, die Fallhöhe in einer Sekunde $= g$, so ist die Ausflußmenge in einer Sekunde $= 2\sqrt{g} \cdot \sqrt{q} \cdot f = 2f \cdot \sqrt{g} \cdot \sqrt{q}$. Also die gesuchte Ausflußmenge in der Zeit $t = 2f.t.\sqrt{g}.\sqrt{q}$. Wollte man umgekehrt aus der Ausflußmenge die Zeit t bestimmen, so wäre

$$t = \frac{2f.t.\sqrt{g}.\sqrt{q}}{2f.\sqrt{g}.\sqrt{q}}.$$

Um indessen die wahre Ausflußmenge zu erhalten, so muß man die berechnete Geschwindigkeit erst nach der Erfahrung (§. 93.) corrigiren.

Ist $g = 15{,}095$ pariser Fuß, $q = 4$ Fuß, $t = 30$ Sekunden, $f = 2$ Quadratfuß, so wäre die theoretische Ausflußmenge in 30 Sekunden

$$= 2 \cdot 2 \cdot 30 \cdot \sqrt{15{,}95} \cdot \sqrt{4}$$
$$= 120 \cdot 3{,}87 \cdot 2 = 928{,}8 \text{ Kub. Fuß.}$$

Hätte man erst die Geschwindigkeit gesucht, so wäre diese (nach §. 94.) = 15,48 Fuß. Corrigirt (nach §. 93.) oder 0,672 mal genommen = 10,40256. Jene theoretische Wassermenge corrigirt, oder jene Anzahl vom Kubikfuß 0,672 mal genommen, giebt die wahre Ausflußmenge = 624,1536 Kubikfuß in 30 Sekunden.

So kann man unter andern die Menge Wasser berechnen, welche durch die Schutzöffnung eines aufgezogenen Schutzbrets fließt, z. B. bey Schleusen, Mühlen ꝛc.

4. Druck und Bewegung des Wassers in Röhren insbesondere.

§. 96.

Stehende und liegende Röhren werden oft mit Wasser gefüllt, welches in die Höhe geschafft oder auf eine gewisse Strecke fortgeleitet werden soll. Jede Verbindung von Röhren heißt Röhrenleitung. Schon aus dem Bisherigen (§. 91.) ist es klar, wie man in einer mit Wasser gefüllten Röhre Fig. 12. Taf. III. den Druck jedes kreisförmigen Theils oder Ringes *ab* der Röhrenwand bestimmt. Man muß nämlich das Gewicht des über dem Ringe stehenden lothrechten Wasserfadens *bc* so viele Mal nehmen, als der Ring Punkte in sich enthält, d. h. man muß das Gewicht des Wasserfadens *bc* mit dem ganzen Ringe *ab* multipliciren.

Ist die mit Wasser gefüllte Röhre schief liegend, wie Fig. 13., so ist der auf den Punkt *b* seitwärts wirkende Druck so groß als das Gewicht eines lothrechten bis an den Wasserspiegel gehenden Fadens *bc*. Man erhält also den Druck des Wassers gegen den ganzen Ring einer solchen Röhre (wovon *ab* der Durchmesser ist), wenn man das Gewicht des lothrechten Wasserfadens *bc* mit dem ganzen Ringe multiplicirt.

§. 97.

Weil das in der Röhre Fig. 12. befindliche Wasser den Ring *ab* an allen seinen Punkten hinauswärts drückt, so sucht es ihn da zu zerreißen, und zwar um desto gewaltsamer, je größer der Druck ist, den jeder Punkt des Ringes seitwärts aussteht. Das Produkt des ganzen Ringes mit dem Gewicht des Wasserfadens *bc* kann

also auch die Gewalt ausdrücken, womit das Wasser jenen Ring zerreißen will. Auch die Gewalt, womit das Wasser den Ring *ba* Fig. 13. zu zerreißen sucht, kann man dem Produkte gleich setzen, welches entsteht, wenn man das Gewicht eines Wasserfadens *bc* mit dem ganzen Ringe multiplicirt.

Befindet sich Salzwasser in der Röhre, so fällt jenes Produkt größer aus, als bey süßem Wasser, weil Salzwasser specifisch schwerer ist, folglich auch ein Faden Salzwasser mehr wiegt als ein gleich langer Faden vom süßem Wasser. Salzwasser selbst ist wieder bald mehr bald weniger schwer (nach Verschiedenheit seiner Löthigkeit.) Hierauf muß bey der Berechnung des Drucks allerdings Rücksicht genommen werden.

§. 98.

Wenn die Röhre nicht immer gleich viel Wasser enthält, so kann auch der Druck, den ihre Wand aussteht, nicht immer einerley seyn. Ist z. B. die Röhre Fig. 12. bald bis *c*, bald bis *ef*, mit Wasser gefüllt, so erleidet der Ring *ab* bald einen stärkern, bald einen schwächern Druck. Anfangs war der eine Faktor (die Höhe oder Länge des Fadens) womit man den Ring multiplicirt, = *bc*, also größer; hernach war *fc* dieser Faktor, also kleiner. Im letztern Falle mußte mithin auch das Produkt um so kleiner ausfallen, je kleiner jener Faktor war. Es verhält sich demnach der Druck, den der Ring *ab* bey jenen verschiedenen Höhen auszustehen hat, wie jene Höhen, oder wie *bc* : *fc*; und der Wasserdruck, welcher an einem und demselben Ringe statt findet, muß wohl um desto stärker seyn, je tiefer der Ring unter dem Wasserspiegel liegt

Hat man zwey ungleich grosse Ringe (an ungleich weiten Röhren), so ist, bey gleicher Höhe des Wasserstandes über diesen Ringen, der Druck des Wassers auf den größten Ring am stärksten. Dieser Druck nimmt um so mehr zu, je größer der Ring ist. Denn nun ist der andere Faktor größer, während der eine Faktor derselbe bleibt; es muß also auch das Produkt um so größer ausfallen, je größer jener Faktor wird.

Einleuchtend ist hieraus die praktische Vorschrift, daß man die Röhrenwände desto stärker machen muß, je weiter die Röhre ist.

§. 99.

Da sich die Peripherien der Kreise wie ihre Durchmesser verhalten, so kann man in das Verhältniß, welches den Druck des Wassers gegen die Ringe für die verschiedenen Röhrenweiten und Wasserhöhen bestimmt, statt der Ringe, auch Durchmesser der Ringe setzen. Hätte man z. B. zwey Röhren von verschiedener Weite, also zwey Ringe von verschiedenen Durchmessern D und d, und für diese Ringe verschiedene Wasserhöhen H und h, so verhielten sich die Kräfte, welche die Ringe drücken und dieselben zu zerreißen streben, wie $D.H. : d.h.$

Bezeichnet man die Festigkeiten oder Dicken, welche die Wände zweyer Röhren nöthig haben, mit A und a, läßt man auch jene Buchstaben für ihre Durchmesser und für die Wasserhöhen und nimmt man an, die Größen A, D und H wären bey einer gewissen Röhre schon bekannt, eben so die Größen d und h für

eine andere zu verfertigende Röhre und man wollte für letztere die Stärke oder a bestimmen; so fände man diese durch die Proportion

$$A : a = D.H : d.h.$$

Es wäre also $a = \frac{A.d.h}{D.H}$.

Der sehr erfahrne Hydrauliker Belidor fand, daß eine bleyerne Röhre von 1 Fuß Weite (D) und 6 Linien Wanddicke (A) für die Lothrechte Wasserhöhe von 60 Fuß (H) stark genug sey. Wollte man nun eine bleyerne Röhre gießen, bey welcher $h = 80$ Fuß, $d = 8$ Zoll betragen müßte, so fände man die Stärke derselben oder

$$a = \frac{6'''.\ 8''.\ 80'}{1'\ .\ 60'}$$

Alle Fuße und Zölle in Linien verwandelt, gäben

$$a = \frac{6'''.\ 96'''.\ 11520'''}{144'''.\ 8640'''} = 5\tfrac{1}{3}'''$$

Also müßte die Wanddicke der zu gießenden Röhre $5\frac{1}{3}$ Linien betragen.

Weiß man das Verhältniß der Stärke eines andern Materials zu dem Bley, so kann man jene Formel auch auf Röhren von solchem Material anwenden. Ist ein solches Material z. B. dreymal, viermal rc. stärker, so kann man das Resultat obiger Berechnung dreymal, viermal rc. verkleinern. Da die Röhren gewöhnlich aus mehreren Röhrstücken zusammengesetzt werden, so braucht man bey gerade oder schräg gestellten Röhren (z. B. Pumpenröhren) den obern Stücken keine so große Stärke als den untern zu geben, weil sie von dem darin befindlichen Wasser einen geringern Druck leiden. Man könnte auch, um recht sicher zu gehen, die Wanddicke jedes merklich höher stehenden Röhrstücks besonders bestimmen.

Wenn H die Druckhöhe in Fußen, D den Durchmesser der Röhren in Zollen, c die erforderliche Dicke der Röhrenwand

in Zollen bedeutet, so soll, nach Langsdorfs Erfahrungen (Erläuterung höchst wichtiger Lehren der Technologie, Bd. II. Heidelberg 1807. 8. S. 378.) für tannene u. dgl. Röhren

$$a = \frac{H . D}{48}$$; für eiserne

$$a = \frac{H . D}{2400}$$; für bleyerne

$$a = \frac{H . D}{960}$$ betragen.

§. 100.

Bey der bisher berechneten Stärke der Röhrenwände war angenommen, daß das Wasser in den Röhren ruhte. Wird aber das Wasser mit großer Gewalt in stehenden Röhren hinaufgetrieben, so muß auch der Druck des Wassers gegen die Röhrenwände stärker seyn. Dies erfordert daher eine größere Stärke der Röhrenwände selbst, als das Resultat der Berechnungen angab. Nach Belidor soll diese größere Stärke noch halbmal so viel betragen, als das berechnete Resultat.

Man hat übrigens hölzerne, bleyerne, eiserne, thönerne und steinerne Wasserröhren, sowohl zu Pumpen, als zu Wasserleitungen. Unter den hölzernen (gewöhnlich auf eignen Bohrmühlen gebohrten) sind die eichenen am dauerhaftesten, die tannenen aber sind die gebräuchlichsten. Die gegossenen eisernen sind sehr dauerhaft, aber kostspielig. Die gegossenen oder aus Rollenbley verfertigten bleyernen, welche sich gleichfalls durch Dauerhaftigkeit auszeichnen, sollten nie zu solchen Wasserleitungen gebraucht werden, welche Trinkwasser herbeyführen. Die irdenen (steingutenen) sorgfältig glasirten sind vorzüglich gut, wenn sie aus einer dauerhaften Masse bestehen und tief unter die Erde zu liegen kommen. Die steinernen (aus dichten harten Steinen gebohrt oder vielmehr durchgemeiselt) sind die allerbesten; aber sie sind schwierig zu verfertigen.

§. 101.

Wenn Wasser durch geneigte Röhren fließt, so beruht die Geschwindigkeit des Wassers gleichfalls auf der Druckhöhe. Aber der Widerstand in der Röhre vermindert immer sehr merklich diese Geschwindigkeit. Der vornehmste Widerstand, welcher die Bewegung des Wassers verzögert, ist die anziehende Kraft der Röhrenwände gegen das Wasser, welche die sogenannte Adhäsion des Wassers gegen die Röhrenwände bewirkt. Man kann die Stärke dieser anziehenden Kraft auf folgende Art bestimmen. An einer empfindlichen Waage bringt man einen prismatischen Körper, der eine Grundfläche von bestimmter Größe (z. B. von 1 Quadratfuß, 1 Quadratzoll rc.) hat, mit Gewichten in der Waagschaale des andern Arms der Waage ins Gleichgewicht. Alsdann setzt man ein Gefäß mit Wasser so unter jene Grundfläche des Körpers, daß diese Grundfläche genau mit der Oberfläche des Wassers in Berührung kommt. Legt man nun auf der Waagschaale nach und nach so viele Gewichte zu, daß die Grundfläche des Körpers von den Wassertheilen losgerissen wird, so geben diese Gewichte die Größe der Adhäsion an.

Solche Versuche haben unter andern Huth, Büat und Achard angestellt. Huth fand die Adhäsion eines rheinl. Quadratfußes von mehreren Holzarten (die vorher von Wasser durchdrungen waren), im Mittel = 1 Pfund. Bey verzinntem Eisenblech beträgt sie, nach Büat 1,14; bey unverzinntem Eisen nach Achard, 0,935; bey Bley 1,0025; bey Messing 0,99 u. s. w. In der Praxis nimmt man gewöhnlich die adhärirende Kraft des Wassers gegen die verschiedenen Materien der Röhrenwände gleich groß an.

§. 102.

Schon durch bogenförmige Krümmungen in einer Röhrenleitung entsteht ein Aufenthalt in der Bewegung des Wassers, und dann muß ein Theil der Druckhöhe zur Ueberwältigung des Widerstandes verwandt werden. Denn das Wasser prallt da, wo der Krümmungswinkel ist, gegen die Wand der Röhre und verliert nun um so mehr an seiner Geschwindigkeit, je stärker die Krümmung der Röhre ist.

Noch weit größer ist der Verlust an Geschwindigkeit, wenn die Röhren, statt der Krümmungen, scharfe Ecken haben. Denn nun ist die Veränderung in der Richtung durch das Gegenprallen noch auffallender. Scharfe Biegungen muß man daher in der Röhrenleitung ja vermeiden, wenn man auch Krümmungen (wegen vorzunehmenden Veränderungen in der Richtung) nicht verhüten kann. Rathsam ist es auf jeden Fall, die Röhren da, wo sie gebogen sind, etwas weiter zu machen. Ueberhaupt möchte es wohl zuträglich seyn, den Durchmesser der Röhren etwas größer anzunehmen, als die Rechnung angiebt, weil erdige und andere dem Wasser beygemischte fremdartige Theile, selbst Wassergewächse, die sich in den Röhren erzeugen, die Weite der Röhren mit der Zeit etwas verringern. Plötzliche Verengerungen, wodurch eine Zusammenziehung entsteht, sollten nie statt finden. Dagegen kann beym Eintritt des Wassers in die Röhren die nöthige Erweiterung nach der Gestalt des zusammengezogenen Strahls gemacht werden.

Versuche des Venturi zeigten die Größe des Wasserverlustes oder die Verminderung der Geschwindigkeit in Röhren

mit scharfen Biegungen. Von drey 15 Zoll langen und 14,5 Linien weiten Röhren, die er zu den Versuchen nahm, war die erste ganz gerade, die zweyte in der Form eines Quadranten gebogen und die dritte hatte in der Mitte eine scharfe Biegung unter einem rechten Winkel. Die Röhren wurden so an den Behälter gebracht, daß ihre Achsen in einerley Horizontalebene lagen. So fand Venturi bey gleicher Druckhöhe, die Wassermenge in jeder Sekunde

in der geraden Röhre = =	153,6 Kub. Zoll
= = nach einem Viertelskreis gebogenen = = =	138,2 = =
= = nach einem rechten Winkel gebogenen = = =	98,7 = =

In letzterer wurde also die Wassermenge, gegen die gerade, mehr als um $\frac{1}{3}$ vermindert.

Beym Auf- und Absteigen der Röhren sammlet sich in den höchsten Stellen derselben oft Luft an, welche den Durchfluß des Wassers verhindert. Daher giebt man diesen Stellen kleine vertikale Luftröhren, Windstöcke, wodurch die Luft ohne Verlust an Wasser entweichen kann. In den tiefsten Stellen hingegen sammlet sich leicht Schlamm u. d. gl., weshalb man bey langen Röhrenleitungen, etwa alle 25 Ruthen, viereckigte Kästen, sogenannte Wechselhäuschen, zum Absetzen der Unreinigkeit anbringt.

Belidors Architectura hydraulica. Augsburg 1750. Fol. Th. I. Buch 4. Kap. 4.

K. Chr. Langsdorf, über die Festigkeit metallener und hölzerner Röhren; in dessen Beyträgen zur Salzwerkskunde, zweyte Probe. Frankfurt und Leipzig 1779. 8.

Dessen Theorie hydrodynamischer und pyrometrischer Grundlehren. Frankf. u. Leipz. 1782. 8.

Dessen vollständige Anleitung zur Salzwerkskunde. Th. I. Altenburg 1784. 4. S. 243 f.; Th. V. 1796. S. 184 f.

Dessen Lehrbuch der Hydraulik. Altenburg 1794. 4. S. 135 f.

Dessen neuere Erweiterungen der mechanischen Wissenschaften. Mannheim und Heidelberg 1816. 8. S. 18 f.

J. E. Silberschlag, physikalische Anmerkungen über die Röhrenleitungen 2c.; in den Schriften der Berliner Gesellschaft Naturforschender Freunde. Bd. X. Berlin 1790. 4.

J. L. J. v. Gerstenbergk, theoretisch-praktischer Unterricht, das Wasser durch Röhrwerke zu leiten. 2 Theile. Jena 1796. 8.

J. H. M. Poppe, Encyclopädie des gesammten Maschinenwesens. Art. Röhre Th. IV. Leipzig 1807. 8. S. 128 f., Th. VI. 1816. S. 526 f.

5. Bewegung des Wassers in Kanälen und in Flüssen.

§. 103.

Die Kanäle unterscheiden sich von den Röhrenleitungen dadurch, daß sie oben offen sind, und das in ihnen fließende Wasser nicht von allen Seiten umschließen. Von den Strömen, Flüssen und Bächen sind sie dadurch unterschieden, daß diese nicht Werke der Kunst, sondern der Natur sind. Kanäle legt man entweder für die Schiffahrt an, oder zur Herbeyführung von Wasser, welches zur Betreibung von Maschinen bestimmt ist. In letzterm Falle nennt man sie Maschinenkanäle, welche wieder in Kunstgräben (wenn sie Wasserkünste betreiben), Pochgräben, Mühlgräben, Hüttengräben 2c. eingetheilt werden.

Im Ganzen ist die Bewegung des Wassers in Kanälen denselben Gesetzen unterworfen, als die Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen. In Röhrenleitungen kann man, wenigstens der Wahrheit ziemlich nahe, allen durch einen Querschnitt fließenden Wasser-

fäden gleiche Geschwindigkeit zuschreiben. Bey Kanälen hingegen, deren Querschnitte oft von beträchtlicher Größe sind, ist die mittlere Geschwindigkeit der einzelnen Wasserfäden nicht selten sehr merklich verschieden.

Mittlere Geschwindigkeit nennt man diejenige, welche, mit dem senkrechten Querschnitt eines Kanals oder einer Röhrenleitung multiplicirt, die in einer Zeiteinheit, z. B. in einer Sekunde, durch den Querschnitt fließende Wassermenge angiebt. — Dem du Buat verdanken wir besonders viele Aufklärung über diesen wichtigen Zweig der Hydraulik.

§. 104.

Begreiflich fließt das Wasser in einem Kanale, in einem Flusse u. d. gl. desto schneller, je stärker das Gefälle seiner Oberfläche, d. h. der Winkel ist, den die Oberfläche des Wassers mit der Horizontalfläche bildet. Alsdann ist ja die Druckhöhe größer (§. 101.). Fände das Wasser in seinem Bette (in seinem ausgehöhlten Wege) keine Hindernisse, so würde es nach den Gesetzen des Falls der Körper (§. 14 f.) mit beschleunigter Bewegung fließen. Die Hindernisse aber, welche wirklich da sind, heben die Beschleunigung ganz oder doch größtentheils auf. Diese Hindernisse sind vorzüglich Rauhheiten des Bodens und der Seitenwände und Adhäsion der Wassertheilchen an diese Flächen. Dazu kommen oft noch Eisgänge, Stürme, die der Bewegung des Wassers entgegenwirken u. d. gl.; auch Krümmungen.

Nach den Erfahrungen des du Buat verhält sich der Krümmungswiderstand, bey übrigens gleichen Umstän-

ben: 1) wie die Quadrate der Geschwindigkeiten; 2) wie die Quadrate der Sinusse der Einfallswinkel; und 3) wie die Anzahl der Rückprallungen. Er kann aber auch im zusammengesetzten Verhältnisse jener drey einzelnen Verhältnisse seyn.

§. 105.

Man hat verschiedene Mittel und Werkzeuge, die Geschwindigkeit des fließenden Wassers, namentlich in Flüssen, zu messen. An einer Stelle, wo die Strombahn gerade ist, steckt man eine Strecke von 100 und mehreren Fußen ab. An jedes Ende der abgemessenen Gränzlinie stellt sich ein Beobachter mit einer Sekundenuhr. Der oberste wirft in dem Augenblicke, wo er auf die Uhr sieht, eine Korkkugel oder Wachskugel oder einen ähnlichen leichten schwimmenden Körper in den Strom des Wassers. Der unterste Beobachter, dessen Uhr mit der Uhr des obersten völlig gleich geht, sieht in dem Augenblicke nach der Uhr, wo der schwimmende Körper an das Ende der gemessenen Linie gekommen ist. So hat man die Zeit in Sekunden, welche der schwimmende Körper gebrauchte, um die abgesteckte Länge zu durchschwimmen. Dividirt man nun die gefundene Zahl von Sekunden in die Anzahl von Fußen der abgemessenen Strecke, so hat man die Geschwindigkeit der Kugel, folglich auch des fließenden Wassers in einer Sekunde.

Aber, auch abgesehen davon, daß bey dieser Messung zwey Beobachter nöthig sind, und daß eine Windstille vorausgesetzt werden muß, so findet man nur die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche und zwar am Stromstriche, wo die Geschwindigkeit am

größten ist; keineswegs erhält man die mittlere Geschwindigkeit des Wassers, wie sie doch erforderlich ist.

Unter den sogenannten Strommessern bestimmt das nach Art eines Straubrades gebaute Rädchen ebenfalls nur die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche. Das Rädchen hat nur dünne blechene Schaufeln, welche in die Oberfläche des Wassers bis zu einer solchen Tiefe eingetaucht seyn müssen, daß das Rädchen gut umläuft. Die Geschwindigkeit des Schwerpunkts der eingetauchten Schaufeln würde begreiflich der Geschwindigkeit des Wassers gleich seyn, wenn an dem Rädchen gar keine Reibung statt fände (die freylich wohl sehr geringe gemacht, aber nicht ganz hinweggebracht werden kann). Wenn man dann die Zahl der Umläufe des Rades mittelst einer Sekundenuhr beobachtete, mit dieser Zahl die durch den Schwerpunkt der Schaufeln gehende Peripherie multiplicirte, und das Produkt durch die Anzahl der beobachteten Sekunden dividirte, so würde man jene Geschwindigkeit des Wassers erhalten.

Um nicht nöthig zu haben, die Umläufe zu zählen, so kann man der Welle des Rädchens ein Paar Schraubengänge geben, die mit möglichst geringer Reibung in ein Stirnrad greifen, so daß jeder Umlauf des Rädchens und seiner Welle einen Zahn des Stirnrades weiter schiebt.

§. 106.

Das Strompendel oder der Stromquadrant, ein in 90 Grade getheilter Viertelskreis ist auf folgende Art eingerichtet. Von seinem nach oben hingekehrten

Mittelpunkte hängt eine sehr dünne Stange (auch wohl nur ein steifer Faden) mit einer Kugel herab, die etwas specifisch schwerer als Wasser ist. Stellt man den Quadranten so, daß der eine Halbmesser in die lothrechte Lage kommt, so hängt in der Luft auch die Stange mit der Kugel lothrecht herab. Bringt man aber die Kugel unter die Oberfläche von fließendem Wasser, so stößt dieses die Kugel zur Seite; dann steigt die Stange an dem eingetheilten Bogen hinauf und macht folglich einen Winkel mit dem vertikalen Halbmesser des Quadranten, dessen Grade die Größe dieses Winkels angeben. Je größer nun die Geschwindigkeit des fließenden Wassers ist, desto größer muß auch dieser Winkel seyn.

Senkt man die Kugel in Flüsse von unterschiedenen Geschwindigkeiten (oder auch in verschiedene Tiefen eines und desselben Flusses) so giebt das Verhältniß der Tangenten der von der Stange bemerkten Winkel das Verhältniß der Stöße oder der Quadrate der Geschwindigkeiten an, wenn man diese den Stößen proportional annimmt. Hätte man z. B. die Geschwindigkeit eines Flusses durch schwimmende Körper (wie §. 105.) auf seiner Oberfläche bestimmt und mittelst des Strompendels das Verhältniß der Geschwindigkeiten auf der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen gefunden, so ließe sich daraus die Geschwindigkeit des Flusses für jede beliebige Beobachtungsstelle herleiten.

§. 107.

Die Pitotsche Röhre besteht aus einem langen lothrecht gestellten und einem kurzen waagrechten Schenkel. Jener endigt sich oben, so weit er aus dem Wasser

hervorragt, in eine durchsichtige Glasröhre; der kurze waagrechte hingegen hat eine erweiterte trompetenförmige Mündung.

Senkt man den waagrechten Schenkel mit dem lothrechten ins Wasser, so daß jener zu einer beliebigen Tiefe unter das Wasser kommt, und kehrt man die trompetenförmige Mündung der Richtung des Stroms entgegen, so steigt das Wasser in der lothrechten Röhre über den Wasserspiegel in die Höhe und zwar um so höher, je größer die Geschwindigkeit des einströmenden Wassers ist. Gewöhnlich setzt man die Höhe des Wassers über dem Wasserspiegel in der Röhre derjenigen Druckhöhe gleich, welche zur Geschwindigkeit des in die trompetenartige Mündung einschießenden Wassers gehört. Nennt man diese Geschwindigkeit c, jene Höhe h, so ist $c = 2\sqrt{g} \cdot \sqrt{h}$ (§. 94.). — Der Gebrauch dieses Instruments wird nur dadurch unsicher, daß das Wasser durch seinen Anstoß und den Widerstand in der Röhre einen Theil seiner Geschwindigkeit verliert.

§. 108.

Die meisten Strommesser geben, wie der Stromquadrant (§. 106.), die Geschwindigkeit nicht unmittelbar, sondern nur die Stärke des Wasserstoßes an, welche freylich auf der Geschwindigkeit beruht. Eine solche Bewandniß hat es auch mit dem Wasserhebel des Lorgna, mit der Wasserfahne des Ximenes, mit dem Tachometer des Brünings und noch einigen andern ähnlichen Instrumenten.

An einem Pfahle, der in das Wasser gelassen wer-

den kann, ist eine gleichlaufende Röhre befestigt, die bis über die Mitte des Pfahles reicht. Unten am Ende der Röhre befindet sich eine Rolle. Um die Rolle ist eine Schnur geschlagen, die an ihrem untern horizontal fortgeleiteten Ende eine Halbkugel enthält, deren specifisches Gewicht dem eigenthümlichen Gewichte des Wassers gleich ist, die folglich an jeder Stelle im Wasser schweben bleibt. Das andere Ende der in der Röhre hinaufgeleiteten Schnur ist an das Ende eines kurzen Armes befestigt, welcher einem horizontal mit dem obern Ende des Pfahles verbundenen Hebel zugehört. Dieser Hebel hat in dem obern Ende des Pfahles seinen Umdrehungspunkt. An seinem langen Arme läßt sich ein Gegengewicht (ein Läufer), wie bey der Schnellwaage hin- und herschieben. Ist nun der Pfahl mit Röhre, Rolle, Schnur und Kugel bis auf eine gewisse Tiefe so ins Wasser gesenkt, daß der Strom des Wassers die ebene Fläche der Halbkugel treffen kann, so wird diese um desto weiter nach der Richtung des Stroms fortgetrieben, je größer die Geschwindigkeit desselben ist. Die Schnur zieht sich folglich um die Rolle, und zieht den kurzen Hebelsarm (wie eine Last) niederwärts. Das Gleichgewicht des Hebels wieder herzustellen, muß man daher das Gegengewicht nach dem Ende des langen Hebelsarms hinschieben. Je näher dieses nun nach dem Ende hinkommt, desto größer ist die Geschwindigkeit des fließenden Wassers. — So ist Lorgnas Wasserhebel eingerichtet.

Bey Ximenes Wasserfahne geht eine um ihre Achse bewegliche Spindel an dem Pfahle heraus. Unten und zwar in der Gegend, wo die Geschwindigkeit

des Wassers untersucht werden soll, enthält die Spindel eine Tafel oder Fahne, deren Fläche vertikal gerichtet ist. Oben über dem Wasser hat die Spindel einen Zeiger, der sich über einem eingetheilten Halbkreise bewegt, wenn die Spindel um ihre Achse sich dreht. Stellt man nun die Spindel so gegen den Strom, daß dieser die Fahne treffen kann, so stößt er sie zur Seite und zwar desto mehr, je stärker der Stoß oder die Geschwindigkeit des Wassers ist. Je mehr sich dann die Fahne nach einer Seite zu hindreht, desto mehr thut dies auch die Spindel und der Zeiger. Letzterer kann also über seinem Halbkreise die Stärke des Stoßes anzeigen. — Die Fahne muß sich übrigens eben so wohl, als die Röhre oder Rolle in Lorgnas Instrumente, auf und niederschieben und in verschiedenen Stellen an die Spindel befestigen lassen, um die Geschwindigkeit in verschiedenen Tiefen zu messen.

Brünings Tachometer hat auch einen Pfahl zur Stütze. Durch ihn geht unten ein Stab mit einer Tafel, die sich gegen den Strom richten läßt. Mit ihrer Mitte ist diese Tafel an den Stab befestigt, den man in dem Loche des Pfahls hin- und herschieben kann. Das gekrümmte Ende des Stabes ist mit einer Schnur verbunden, die von unten um eine Rolle geführt, dann lothrecht in die Höhe geleitet und an den kurzen Arm eines Hebels (wie bey Lorgna's Hebel) befestigt wird. Auf dem langen Arme befindet sich gleichfalls ein verschiebbares Gegengewicht. Zu gleicher Zeit sitzt an der Umdrehungsachse des Hebels ein Zeiger (auf gleiche Art, wie das Zünglein einer Waage). Dieser Zeiger bewegt sich an einem eingetheilten Bogen heraus. Je stärker

nun der Stoß des Wassers gegen die Tafel ist, desto tiefer schiebt sich der Stab der Tafel durch das Loch des Pfahls, desto mehr wird daher die Schnur um die Rolle und der kurze Hebelsarm herunterwärts gezogen, und desto weiter muß man das Gegengewicht an das Ende des langen Hebelsarms schieben, um das Gleichgewicht wieder herzustellen.

§. 109.

Die besten Strommesser sind freylich diejenigen, welche die Geschwindigkeit des Wassers geradezu anzeigen und nicht das zwischen Geschwindigkeit und Stoß des Wassers statt findende Gesetz als bekannt voraussetzen. Zu diesen Strommessern gehört vorzüglich Woltmanns hydrometrischer Flügel.

Der Strom muß zwey kleine Flügel auf ähnliche Art umtreiben, wie die Luft die Windmühlenflügel umdreht. An der Flügelwelle befinden sich ein Paar Schraubengänge, welche in ein Stirnrad so eingreifen, daß sich daran die Anzahl der Umdrehungen leicht bemerken läßt. Mittelst einer Schnur kann man das Zapfenlager der Stirnrads-Welle, folglich auch die Achse des Stirnrades so weit erhöhen, daß das Rad nur so lange in die Schraubengänge der Flügelwelle greift, als man Sekunden zählt. Alsdann ist man im Stande, aus der Anzahl der Umläufe und der Umlaufszeit (wie §. 105.) die Geschwindigkeit des Stroms zu finden.

Flügelwelle, Stirnrad und die übrigen Vorrichtungen sind an einem festen Stative angebracht, welches man ins Wasser setzt. Bey gehöriger Befestigung die-

ses Stativs kann man das Instrument in allen Tiefen anwenden.

R. Woltmann's Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels ꝛc. Hamburg 1790. 8.

Ch. Brünings Abhandlung über die Geschwindigkeit des fließenden Wassers; a. d. Holländ. übers. von Kröncke. Frankfurt a. M. 1798. 4.

J. F. Lempe, Lehrbegriff der Maschinenlehre. Th. I. Abth. 2. Leipzig 1797. 4. S. 87 f.

J. A. Eytelweins, Mechanik fester Körper und Hydraulik. Berlin 1801. 8. S. 452 f.

G. G. Schmidts, Mathematik. Th. II. Abth. 2. Frankfurt a. M. 1799. 8. S. 63 f.

6. Die Wasserräder überhaupt und die oberschlächtigen Wasserräder insbesondere.

§. 110.

Die gewöhnliche Art, das fließende Wasser zur Treibung von Maschinen anzuwenden ist die, daß man es auf Räder wirken läßt, welche es in Umdrehung setzt. Entweder fällt es von oben in Kasten, Zellen oder Schaufeln, welche auf der Peripherie des Rades vertheilt sind, und so bewirken die auf der einen Seite mit Wasser gefüllten Schaufeln wegen ihres Uebergewichts die Umdrehung des Rades; oder es stößt von unten gegen gerade Schaufeln, welche sich auf der Peripherie des Rades befinden, schiebt eine nach der andern von sich weg, und setzt dadurch das Rad in Umdrehung. Jenes Rad nennt man ein oberschlächtiges, dieses ein unterschlächtiges. Beyde Arten von Rädern drehen sich in einer vertikalen Fläche nach

der Gegend zu um, nach welcher das Wasser hinfließt. Zuweilen ist das Rad auch **mittelschlächtig** oder **halboberschlächtig**, wenn das Wasser an einer Stelle auf die Schaufeln fließt, welche zwischen dem obersten und untersten Punkte des Rades liegt. Das Wasser selbst, als bewegende Kraft der Räder betrachtet, wird **Aufschlagwasser** genannt. Die Räder heißen **Mühlräder**, wenn sie Mühlen betreiben, **Kunsträder**, wenn sie Pumpen, Blasebälge und ähnliche Hüttenwerke in Bewegung setzen.

Es giebt auch **horizontale Wasserräder**, welche sich in einer Horizontalfläche umdrehen. Diese werden, wie die unterschlächtigen Räder, durch den Stoß des herbeyschießenden Wassers in Bewegung gesetzt. Da ihre Schaufeln eine löffel- oder muschelförmige Gestalt haben, um das Wasser besser fangen zu können, so nennt man sie auch wohl **Löffelräder** oder **Muschelräder**. Sie sind äußerst selten.

§. 111.

Den Schaufeln oder Zellen des **oberschlächtigen Wasserrades** giebt man am liebsten eine Gestalt, wie Fig. 14. Taf. III. sie darstellt. Man sucht die Zellen so einzurichten, daß das in denselben aufgefangene Wasser bey der Umdrehung des Rades stets eine vollkommene Uebewucht des Rades auf der einen Seite zuwege bringe, daß daher jede Schaufel ihr Wasser nicht eher verschütte, als bis sie die unterste Stelle erreicht hat, und daß für jede ausgeschüttete Schaufel oben eine unter den Wasserstrom getretene neues Wasser empfangen habe. Ist dies wirklich der Fall, so ist auch das Wasser stets gleichförmig um der Peripherie

des Rades verbreitet und die Bewegung des Rades wirkt recht gleichförmig.

Es ist aber unmöglich, den Schaufeln eine solche Vollkommenheit zu geben, daß sie beym Umlauf des Rades von dem aufgefangenen Wasser gar nichts verschütten, bis sie die unterste Stelle erreicht haben. Indessen muß man dieser Vollkommenheit so nahe wie möglich zu kommen suchen.

Jedes Wasserrad besteht aus einem Kranze, welcher mit den Schaufeln die Peripherie des Rades bildet, und aus vier bis acht Armen, welche den Kranz mit der Welle des Rades vereinigen. Die Arme des Rades sind als Halbmesser desselben anzusehen.

§. 112.

Theilt man die Höhe oder Breite *Aa* Fig. 14. eines Radkranzes in drey gleiche Theile, macht man $ab = \frac{1}{3}Aa$, und zieht man mit *Cb* auf der Fläche des Kranzes einen Kreis, so hat man den sogenannten Theilriß. Diesen theilt man in so viele gleiche Theile, als das Rad Schaufeln erhalten soll. Zieht man dann aus dem Mittelpunkte nach den Theilungspunkten die geraden Linien *ab*, *fg* u. s. w. so erhält man die Lage der innern oder sogenannten Kropfschaufeln, Riegelschaufeln.

Nun kommt es noch darauf an, die Lage der äußern oder sogenannten Stoßschaufeln, Setz- oder Wasserschaufeln zu bestimmen. In dieser Absicht legt man das Linial an die Punkte *b* und *c* und zieht die Linie *bc*; dann an *h* und *f* und zieht *fA*; hierauf an *i* und *c* und zieht *cg*; und so fährt man von

Theilungspunkten zu Theilungspunkten fort, um die Lage der Stoßschaufeln zu erhalten. Theilt man einen zweyten gleichen Radkranz auf dieselbe Art ein, und befestigt beyde in vertikalen parallelen Ebenen an einer gemeinschaftlichen Welle *C*, so kann man zwischen den Kränzen, nach den gezogenen Linien, die Schaufeln einsetzen. Schlägt man dann nur noch den inwendigen Boden des Rades mit Bretern aus, so wird dadurch das oberschlächtige Wasserrad mit seinen Zellen vollendet.

Je kleiner der Raum zwischen zwey Stoßschaufeln ist, desto länger werden die Zellen das Wasser behalten, ehe sie es ausgießen. Indessen hat diese Verengung ihre Gränzen, weil für den einstürzenden Wasserstrahl Raum genug vorhanden seyn muß, um beym Durchgange zwischen den Stoßschaufeln nicht gehindert zu werden.

§. 113.

Den Mühlgraben, welcher das Aufschlagwasser herbeyführt, faßt man kurz vor dem Rade in ein hölzernes Gerinne ein, welches sich über dem Rade in zwey Arme, das Mahl- oder Schußgerinne und das wüste Gerinne (der Freylauf) theilt. Beyde sind mit Schutzbretern versehen. Das wüste Gerinne dient, das Wasser neben dem Rade hinzuführen, wenn letzteres nicht umgetrieben werden soll. Die Oeffnung *F* des Schußgerinnes, durch welche sich das Wasser auf das Rad stürzt, wird Einschuß genannt.

Der Einschuß kommt nicht gerade über den höchsten Punkt des Rades zu liegen (weil sonst der Stoß des Wassers der Bewegung des Rades nach *AG* entgegenwirken könnte), sondern über die zweyte oder dritte

Schaufel jenseits des höchsten Rad-Punktes. Zwischen dem Rade A und dem Schußgerinne FF muß ein kleiner Raum ($= b$) von etwa 5 Zoll bleiben. Ein ähnlicher Raum ($= c$) von ohngefähr 12 Zoll ist unter dem tiefsten Punkte des Rades B und dem Mühlgraben nöthig. Zu der Höhe des Wassers im Gerinne ($= h$) sind 6 Zoll hinreichend, weil man dem Wasser die erforderliche Geschwindigkeit durch eine stärkere Neigung des Schußgerinnes (etwa 1 Zoll auf 10 bis 12 Fuß) geben kann. Setzt man das Gefälle vom Wehr bis zum Einschuß $= a$, das Gefälle des Mühlgrabens unter dem Rade $= d$, und zieht man alle bisher aufgeführte Größen von dem gesammten Gefälle $= F$ ab, so bleibt der Durchmesser des Wasserrades $= d$ übrig. Also ist

$$D = F - (a + h + b + c + d).$$

Beträgt das gesammte Gefälle 20 Fuß, die Länge des Mühlgrabens oberhalb des Rades = 1000 Fuß, unterhalb = 600 Fuß, die Länge des Schußgerinnes = 20 Fuß, so hat man $a = 12$ Zoll, $h = 6''$, $b = 5''$, $c = 12''$, $d = 6''$, ; Folglich ist

$$D = 20' - (12'' + 6'' + 5'' + 12'' + 6'')$$
$$= 20' - (3'\ 5'') = 16'\ 7''.$$

§. 114.

Wenn das Maschinenwerk angelassen wird, so füllt sich erst die Schaufel G mit Wasser; sie sinkt vermöge ihres Gewichts hinab und es kommt eine andere an ihre Stelle, der es wieder eben so, wie jener geht. So füllen sich nach und nach die Zellen des Rades G, A, e u. s. w. mit Wasser, indem sich das Rad nach

der Gegend *G*, *E*, *H* zu umdreht. Gießt die unterste bey *B* ihr Wasser aus, so füllt sich bey *G* zugleich eine neue. Der stets mit Wasser gefüllte Bogen *GH* beträgt ohngefähr ⅔ des halben Umfangs *HEB*. Wie ein Gewicht wirkt das in dem Raume *GEH* enthaltene Wasser auf die Umdrehung des Rades. Das statische Moment desselben kann auf folgende Art bestimmt werden.

Die Wassermenge, welche eine Schaufel faßt, erhält man begreiflich, wenn man die während einer Rad-Umwälzung durch das Gerinne fließende Wassermenge mit der Zahl der Schaufeln dividirt. Das Gewicht der in einer Schaufel enthaltenen Wassermenge multiplicirt man mit dem waagrechten Abstande des Schwerpunktes der Schaufel von dem vertikalen Durchmesser des Rades *AB*. Dies giebt das Moment des Gewichts der Schaufel; und die Summe aller so gefundenen einzelnen Momente von *G* bis *H* giebt das Moment des ganzen Rades.

Man kann auch, um noch bequemer ein hinreichend genaues Resultat zu erhalten, das in den Schaufeln befindliche Wasser als einen cylindrischen Ring ansehen, welcher von *G* bis *H* an dem Umfange des Rades liegt. Er sey Fig. 15. bey *gah* besonders dargestellt. Den Inhalt dieses Ringes findet man, wenn man die Grundfläche *aa* mit der Länge des mittlern Bogens *gh* (etwa dem Bogen des Theilrisses) multiplicirt. Man kann ihn aber auch aus der während eines Rad-Umlaufs durch das Gerinne fließenden Wassermenge und aus dem bekannten Verhältniß des Bogens *gh* zum ganzen Umfange erhalten. Denkt man sich über der Grundfläche *aa*

einen senkrechten Wassercylinder von der Höhe cd, so preßt derselbe nach hydrostatischen Grundsätzen die Grundfläche aa senkrecht eben so stark, als die nach dem Umfange des Rades gekrümmte Wassersäule Ga. Blos der senkrechte Druck auf aa kommt bey der Umdrehung des Rades in Betracht; denn nur die senkrechten Pressungen auf den Bogen $\overset{\frown}{Ga}$ verursachen einen Druck auf die Achse c. Da nun die Wirkung des Wassers in ah auf das Rad eben so groß ist, als die von ag, so erhält man das ganze Moment der Kraft, wenn man das Gewicht eines Wassercylinders über der Grundfläche aa und von der Höhe ed mit dem Halbmesser des Rades R bis an den Theilriß multiplicirt.

Wenn man aber, statt des Gewichts des oben genannten Wassercylinders, das ganze Gewicht des in Gh enthaltenen Wassers in Rechnung bringen will, so muß man den Halbmesser des Rades R im Verhältniß wie $ga : cd$ vermindern. So bekommt man die Entfernung des Schwerpunktes des ganzen Wasserkörpers von dem lothrechten Durchmesser. Setzt man das Gewicht des Wasserkörpers $= P$, so ist sein statisches Moment

$$= \frac{cd}{ga} \cdot R.P.$$

§. 115.

Indessen wird hier (§. 114.) vorausgesetzt, daß das Wasser mit seiner ganzen Schwerkraft an dem Umfange des Rades wirke. Damit dies geschehe, so müssen die Schaufeln des Rades dieselbe Geschwindigkeit haben, wie das bey G einstürzende Wasser. Nur in diesem Falle kann man Schaufeln und Wasser als ruhend und

die Schwere als bewegende Kraft ansehen. Wäre die Geschwindigkeit der Schaufeln **größer** als die Geschwindigkeit des Wassers, so müßte ein Theil der Schwere des Wassers auf Erzeugung der größern Geschwindigkeit verwendet werden; dieser Theil ginge daher für die bewegende Kraft verloren. Mit der Geschwindigkeit wächst zwar das mechanische Moment der Kraft; was aber hierdurch gewonnen wird, ersetzt jenen Verlust nicht. Wenn nämlich das Rad oder seine Schaufeln noch einmal so geschwind umliefen, als das Wasser bey *G* einschießt, so würden die Schaufeln ja nur halb so viel Wasser erhalten; hierdurch ginge begreiflich die durch die größere Geschwindigkeit gewonnene Kraft wieder verloren, und obiger Verlust an der Schwere des in den Schaufeln drückenden Wassers bliebe unersetzt. Wäre im Gegentheil die Geschwindigkeit der Schaufeln **kleiner**, als die Geschwindigkeit des Wassers, so würde wohl das Moment der Kraft durch den hinzukommenden Stoß des Wassers auf die obere Schaufel bey *G* vermehrt; aber wegen des schiefen Wasserstoßes gegen die Schaufel und wegen des kleinen Hebelsarms beym Stoße müßte man besorgen, daß durch die mit einem langsamen Gange verbundenen Ungleichförmigkeiten der Bewegung mehr verloren als gewonnen werde. Es sollte daher **die Geschwindigkeit der Schaufeln beym oberschlächtigen Wasserrade entweder gleich, oder nur wenig geringer seyn, als die Geschwindigkeit des einschießenden Wassers.**

Hieraus leuchtet es deutlich genug in die Augen, daß hohe und langsam gehende oberschlächtige Wasser-

ider für die bewegende Kraft vortheilhafter sind, als
edrige und schnell laufende. Daher macht man den
)urchmesser des Rades AB so groß, als es das Ge-
,alle erlaubt. Für die Höhe des Kranzes bestimmt man,
auch bey den größten oberschlächtigen Rädern, nicht
leicht über 8 bis 12 Zoll, damit der Halbmesser Ca
wegen des Moments der Kraft möglichst groß bleibe.
Sollen die Schaufeln nicht zu früh ausgießen, so muß
ihr Raum wenigstens noch einmal so groß seyn, als
die in sie einschießende Wassermenge. Dies zu erhal-
ten, braucht man nur nach den erforderlichen Umstän-
den die Breite des Rades zu vermehren. Die Anzahl
der Schaufeln bestimmt sich aus folgender Regel: Die
Schaufelweite in der Mitte des Kranzes, oder auch auf
dem Theilriß bey fc gemessen, muß der Dicke des ein-
schießenden Wasserstrahls bey fA gleich oder doch nicht
viel größer seyn.

Im Ganzen genommen sind oberschlächtige Wasserrä-
der vortheilhafter, als unterschlächtige (§. 117 f.), haupt-
sächlich bey Maschinen, die keinen sehr schnellen Gang er-
fordern. Denn die oberschlächtigen Räder leisten bey einer
geringen Kraft, die aber länger auf den Umlauf des Rades
wirkt, eben so viel, als die unterschlächtigen Räder mit grö-
ßerer Kraft, welches auch die Erfahrung längst bestätigt hat.

§. 116.

Wenn das ganze Gefälle weniger als 10 Fuß be-
trägt, so leitet man das Wasser mit mehr Vortheil von
der Seite JE etwas oberhalb der Mitte des Rades in
die Schaufeln. Hier gehen zwar die über E liegenden
Schaufeln leer; man gewinnt diesen Verlust aber wie-
der durch die Vergrößerung des Rad-Durchmessers

und der Schaufeln. Da nämlich letztere langsam umlaufen, so sorgt man durch ihre Vergrößerung dafür, daß sie mehr Wasser aufnehmen, daß folglich jede einzelne an Masse der bewegenden Kraft das ersetzt bekomme, was ihrer Gesammtheit sonst abginge. — Eine solche Bewandniß hat es mit den halboberschlächtigen Rädern (§. 110.)

Bey dem Bergbau hat man Kehrräder, d. h. solche Wasserräder nöthig, die bald rechts, bald links umlaufen, um dadurch Seile, woran Tonnen hängen, abwechselnd auf- und abzuwickeln. Die Kränze dieser Räder enthalten nämlich eine doppelte Reihe Schaufeln nach entgegengesetzten Richtungen. In jede derselben kann durch einen besondern mit einer Schütze versehenen Einschuß Wasser geleitet werden, je nachdem das Rad, um diese oder jene volle Tonne in die Höhe zu bringen, rechts oder links umlaufen soll.

7. Die unterschlächtigen Wasserräder.

§. 117.

Wenn das unterschlächtige Wasserrad Fig. 16. Taf. III. nur einen Kranz *edbf* hat, welcher durch vier bis acht Arme mit dem 18 bis 24 Zoll dicken eichenen Wellbaume verbunden ist, so wird es Straubrad genannt. Die Schaufeln, 12 bis 18 Zoll ins Geviert haltende Bretchen, sind senkrecht in der Richtung der Rad-Halbmesser oben auf dem Kranze befestigt. Zu mehrerer Haltbarkeit sind sie auch wohl durch einen oder zwey dünne Reifen verbunden, die mit dem Radkranze concentrisch laufen. Sollen die Schaufeln des Rades 2 bis 4 Fuß breit werden, so sind zwey parallele

Radkränze nöthig, zwischen denen die Schaufeln ihre Befestigung haben. Alsdann ist auch eine doppelte Reihe von Armen an der Welle erforderlich. Solche Räder nennt man Staberräder. Sind die Schaufeln recht lang und können die Räder sammt ihren Wellen und Zapfenlagern nach der verschiedenen Wasserhöhe des Stroms emporgehoben und niedergelassen werden, so heißen sie Pansterräder. — Sehr breite unterschlächtige Räder mit 6 und mehr Ellen langen Schaufeln sind die Schiffmühlenräder.

In England kamen schon vor mehreren Jahren ganz eiserne Wasserräder zum Vorschein. Auch in Deutschland sind schon solche Wasserräder, namentlich auf Schlesischen Eisenhütten, mit Glück verfertigt worden.

§. 118.

Stößt das Wasser in demjenigen Gerinne, aus welchem es auf die Räder schießt, senkrecht gegen die ruhende Schaufel *be*, und zwar mit einer der Druckhöhe *OC* zugehörigen Geschwindigkeit $= C$, so weicht die gestoßene Schaufel mit einer gewissen Geschwindigkeit aus und an ihre Stelle kommt eine andere *hg*, die nun gleichfalls gestoßen wird. So gelangt eine Schaufel nach der andern vor das stoßende Wasser und dadurch erhält das Rad bald die gehörige Umlaufsgeschwindigkeit. Setzt man die Geschwindigkeit des Rades oder der Schaufeln $= c$, so ist $C - c$ die relative Geschwindigkeit, welche die Größe des Stoßes bestimmt. Nimmt man an, die Stöße des Wassers verhalten sich wie die Quadrate der relativen Geschwindigkeiten multiplicirt mit den Stoßflächen, und setzt man die Fläche der

Schaufel $= B$, so drückt $B(C-c)^2$ das Verhältniß der Größe des Wasserstoßes gegen die Schaufel aus. Diese Größe multiplicirt mit der Geschwindigkeit c giebt das mechanische Moment $= B(C-c)^2 \cdot c$.

Wenn man c aus C durch Beobachtung oder durch Rechnung gefunden hat, so multiplicirt man, um die Kraft des Stoßes zu erhalten, die zur relativen Kraft gehörige Druckhöhe mit der Fläche der Schaufel; man bekommt dann den kubischen Inhalt einer auf der Schaufel als Grundfläche ruhenden Wassersäule, deren Gewicht der bewegenden Kraft gleichgesetzt werden kann.

In der höhern Mathematik (und zwar in der Differentialrechnung) wird gewiesen, daß das Produkt $B(C-c)^2 . c$ am größten wird, wenn $c = \frac{1}{3} C$ ist, oder wenn die Geschwindigkeit der Schaufeln $\frac{1}{3}$ von derjenigen Geschwindigkeit ausmacht, welche das Wasser im Gerinne annehmen würde, wenn es keine Hindernisse fände.

Beträgt die gesammte zur Geschwindigkeit des Wassers bis an die Stoßschaufel gehörige Höhe = 4 Pariser Fuß, so ist die Geschwindigkeit $= 2 \cdot \sqrt{\cdot}\ 15{,}095 \cdot \sqrt{4} = 15{,}48$. Hiervon $\frac{1}{3}$ für die Geschindigkeit der Schaufeln, = 5, 16 Fuß abgerechnet, giebt die zum Stoß gehörige Geschwindigkeit = 10,32 Fuß.

§. 119.

Bey dieser Theorie der unterschlächtigen Räder wurde angenommen, die Geschwindigkeit des Wassers in der Schützenöffnung und in dem Gerinne leide gar keine Verminderung und der schiefe Stoß des Wassers gegen die Schaufel hg, senkrecht auf den Halbmesser des Rades reducirt, gebe ein eben so großes Moment,

als der durch die Schaufel *hg* aufgefangene senkrechte Stoß auf den Theil *bi* der Schaufel *be*; ferner, das einmal gegen die Schaufeln angestoßene Wasser fließe frey ab und wirke weiter nicht auf die Schaufeln zurück. Aber alles dieses, besonders der letztere Punkt, findet nicht in derjenigen Strenge statt, wie es doch seyn müßte, wenn die Theorie mit der Erfahrung auf die erforderliche Weise übereinstimmen sollte.

Wenn das Wasser in einem nach der Krümmung des Rades gebildeten, sogenannten gekröpften Mahlgerinne auf die Schaufeln fließt, so sind für dasselbe neben und unter dem Rade nur wenige Zoll Spielraum vorhanden, worin es den Schaufeln des Rades folgen kann. Es vermag also da keine andere Geschwindigkeit, anzunehmen, als die Geschwindigkeit der Schaufeln selbst. Weil nun diese stets kleiner als die zum Gefälle des Wassers gehörige Geschwindigkeit bleibt, so ist es nicht möglich, daß das Wasser auf die Schaufeln eines solchen unterschlächtigen Rades jeden Augenblick stoßweise wirkt; der Effekt muß vielmehr durch fortwährenden Druck geschehen. Deswegen stimmen auch die über solche unterschlächtige Mühlräder angestellten Versuche wieder so wenig mit der Theorie überein.

So fand Bossüt den Stoß des Wassers in Mahlgerinnen fast um das doppelte von der gewöhnlichen Theorie verschieden. Schmidt und andere fanden den Unterschied in der Erfahrung noch größer.

§. 120.

Die Klügelsche Theorie scheint noch am meisten mit der Erfahrung übereinzustimmen. Gesetzt, die

Schaufel f Fig. 17. werde zuerst vom Wasser getroffen. Alsdann leidet diese Schaufel einen Stoß, durch welchen die größere Geschwindigkeit des Wassers der Geschwindigkeit der Schaufel gleich wird, und demnächst einen fortwährenden Druck, bis sie die tiefste Stelle d passirt hat, wo das Wasser wieder frey hinwegzufließen anfängt. Folgende Betrachtungen werden dienen, die Größe des gesammten Drucks zu bestimmen.

Wenn das Rad ruhete und wenn das Wasser durch den Widerstand der Schaufeln seine ganze Geschwindigkeit verlöre, so müßte begreiflich der ganze Druck auf die Schaufeln des Rades dem Gewicht einer Wassersäule gleich seyn, welche die Fläche der Schaufel d zur Grundfläche und das Gefälle al zur Höhe hat. Weicht nun das Rad mit einer Geschwindigkeit $= c$ aus, so geht von jenem Drucke so viel verloren, als zur Erzeugung der Geschwindigkeit c erforderlich ist. Setzt man daher die gesammte Druckhöhe $al = H$, die zur Geschwindigkeit c der Schaufeln gehörige Höhe $= h$, die Stoßfläche der Schaufeln $= B$, so ist die Kraft des Drucks $= (H-h)B$ und das mechanische Moment desselben $= (H-h)Bc$. Nimmt man (nach §. 94.) an, daß $c = 2\sqrt{g} \cdot \sqrt{h}$, so bekommt man für das mechanische Moment der Kraft

$$(H-h)B \cdot 2\sqrt{g} \cdot \sqrt{h}, \text{ oder}$$
$$2B\sqrt{g} \cdot (H-h)\sqrt{h}.$$

Der Faktor B ist für einerley Wasserrad eine beständige Größe; der Faktor $H-h$ erhält seinen größten Werth, wenn man $h = \frac{1}{3}H$ setzt. Hieraus ergiebt sich die vortheilhafteste Geschwindigkeit des Rades

$$c = 2\sqrt{g} \cdot \tfrac{1}{3}H.$$

Betrüge H 4 Pariser Fuß, so wäre $h = \frac{4}{3}$ Fuß; folglich

$$c = 2 \sqrt{15{,}095 \cdot \tfrac{4}{3}} = 2 \cdot 3{,}87 \cdot \tfrac{4}{3}$$
$$= 7{,}74 \cdot 1{,}33 = 10{,}3$$

während die gewöhnliche Theorie nur 5,16 gab.

§. 121.

Die Größe des unterschlächtigen Wasserrades wird am sichersten durch die Erfahrung bestimmt. Große Räder vermehren zwar das statische Moment der Kraft; sie vergrößern aber auch die Reibung, verringern die Geschwindigkeit, weil sie langsam umlaufen, und vermehren die Baukosten. Daher macht man sie nicht leicht größer, als 16 bis 18, aber auch nicht kleiner als 10 Pariser Fuß im Durchmesser.

Die Anzahl der Schaufeln hängt von der Größe des Rades und zwar vom mechanischen Durchmesser, d. h. von dem Durchmesser einer Kreislinie ab, welche durch die Mittelpunkte aller Schaufeln geht. Die Zahl der Schaufeln muß nach der Beschaffenheit des Effekts in einem solchen Verhältnisse stehen, daß dadurch die erforderliche größere oder geringere Geschwindigkeit des Rades bezweckt wird. Der Schwede Nordwall, welcher viele Versuche hierüber angestellt hat, empfiehlt folgende aus diesen Versuchen abgeleitete Regel: „Man gebe einem unterschlächtigen Wasserrade nicht weniger Schaufeln, als durch die Ellenzahl der Rad-Höhe multiplicirt mit 5 ausgedrückt wird, aber auch nicht mehr, als dieselbe Ellenzahl multiplicirt mit 6 anzeigt."

§. 122.

Die zu einem unterschlächtigen Rade erforderliche Wassermenge wird erhalten, wenn man die Fläche einer Schaufel mit ihrer Geschwindigkeit multiplicirt und für das neben und unter den Schaufeln vorbey fließende Wasser noch etwas zusetzt. Wendet man das Wasserrad zu einer Mahlmühle an, so beurtheilt man hieraus und aus der berechneten Wassermenge eines Flusses, ob man einen Mahlgang oder mehrere neben einander anlegen könne. Wäre zu zwey oder mehr Mahlgängen nicht Wasser genug vorhanden, so lassen sich bey einem hinreichend großen Gefälle zwey oder mehr unterschlächtige Räder hinter einander anlegen. Freylich wirkt dann aber auf die hintern eine geringere bewegende Kraft, weil das Wasser, ehe es sie erreicht, von seiner Geschwindigkeit (durch den erlittenen Widerstand) verloren hat. Wenn die Wassermenge gering ist, das Gefälle aber 10, 12 und mehr Fuß beträgt, so wählt man lieber oberschlächtige Wasserräder.

Die Praktiker fordern zur Betreibung eines Straubrades $4\frac{1}{2}$ Rheinl. Kubikfuß Wasser in einer Sekunde, für ein Stabenrad $19\frac{2}{3}$ Kubikfuß, für ein Pansterrad $25\frac{1}{3}$ Kubikfuß.

Außer Belidors Hydraulik, Eytelweins Mechanik, Langsdorfs Hydraulik, Schmidts angewandter Mathematik, meiner Encyklopädie des Maschinenwesens (Art. Aufschlagwasser und Wasserräder) führe ich hier noch folgende Schriften über Wasserräder an:

H. Calvör, Beschreibung des Maschinenwesens auf dem Oberharze. Bd. I. Braunschweig 1763. Fol. S. 70 f.

W. J. G. Karsten, Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Th. V. Greifswalde 1770. 8. S. 197 f.

C. T. Delius, Anleitung zu der Bergbaukunst. Wien 1773. 4. S. 359 f.

G. S. Klügel theoria nova motus machinarum in rotam subtus incurrentis movendarum; in den Comment. Soc. reg. Goetting. Tom. IX. P. II. p. 26 f.

G. S. Klügel, Anfangsgründe der praktischen Mechanik. Berlin und Stettin 1794. 8.

J. F. Lempe, Magazin für die Bergbaukunde. Th. VI. Dresden 1789. 8. S. 83 f. Maximen für die Erbauung oberschlächtiger Wasserräder. — Th. XI. S. 3 f. Eine neue Theorie der unterschlächtigen Wasserräder.

J. A. Eytelwein, über den Stoß des Wassers an die Schaufeln unterschlächtiger Mühlräder; in den Sammlungen nützlicher Aufsätze und Nachrichten die Baukunst betreffend, Bd. II. Jahrg. 1797. Berlin 1797. 8.

J. C. Eiselen, Beytrag zur Anwendung des Wassers auf unterschlächtige sogenannte Kropfräder. 2 Hefte. Berlin 1800. 1801. 8.

E. Nordwalls Maschinenlehre; a. d. Schwed. übers. von Blumhof. Bd. I. Abth. II. Berlin 1804. 4. S. 158 f.

Vierter Abschnitt.

Aerometrische und atmometrische Lehren.

I.

Compressibilität, Elasticität und Schwere der Luft.

§. 123.

In der Aerometrie (der Aerostatik und Pneumatik) werden die Eigenschaften der atmosphärischen Luft untersucht, welche gleichfalls zur Betreibung so mancher Maschinen dient. Die vornehmsten Eigenschaften, denen viele höchst nutzbare Maschinen ihre Wirkung

verdanken, sind Compressibilität, Elasticität und Schwere der Luft.

Die Luft läßt sich in einen beträchtlich engern Raum zusammendrücken; sie ist also compressibel. Bey Nachlassung der drückenden Gewalt dehnt sie sich, wenn sie kann, in ihren vorigen Raum wieder aus; und wenn sie es nicht kann, so äußert sie doch das Bestreben, sich wieder auszudehnen durch eine Gewalt, welche sie auf die ihnen im Wege liegenden Körper ausübt. Mittelst dieser Gewalt treibt sie nicht selten die ihnen im Wege liegenden Körper heftig fort, oder, wenn sie von festen Wänden umgeben ist, so zersprengt sie diese zuweilen. Die Luft ist folglich auch elastisch, und zwar sehr elastisch. — Wie weit sich übrigens die Luft zusammendrücken läßt, weiß man nicht; weil die Festigkeit der Wände des Gefäßes, worin man etwa Versuche über das Zusammenpressen verrichten wollte, dem Grade des Zusammenpressens Gränzen setzen würde, die man nicht ohne die höchste Gefahr überschreiten dürfte.

Die Compressibilität und Elasticität der Luft sieht man bey einer mit Luft versehenen und verschlossenen Blase, wenn man sie zusammendrückt; und bey einem leeren (mit Luft angefüllten) senkrecht ins Wasser gestürzten Trinkglase. Die Blase dehnt sich, wenn die drückende Gewalt aufhört, wieder von selbst in ihren vorigen Raum aus; und das Trinkglas wird ziemlich gewaltsam emporgeschnellt. Taucht man auf dieselbe Art einen Trichter mit seiner großen Mündung ins Wasser, während man die Mündung der Röhre mit einem Finger zuhält, und läßt man dann plötzlich die Hand von ihm los, so wird er von der ausdehnenden Kraft der zusammengepreßten Luft nicht blos eben so wie das Trinkglas emporgeschnellt, sondern auch ein Was-

serstrahl wird mit aus der Röhre herausgetrieben. Löschers Trichterspritze gründet sich auf diese Erscheinung. Steht eine Röhre in einem Gefäße unter Wasser und wird über dem Wasser die Luft zusammengepreßt oder verdichtet, so drückt sie vermöge ihrer Elasticität auf das Wasser und treibt dasselbe zu der Röhre empor. Herons Ball, Herons Brunnen, Hölls Luftmaschine und Windkessel der Feuerspritzen gründen sich hierauf. — Hydrostatische Gebläse und andere Gebläse (auf Hüttenwerken) so wie manche Arten von Wettermaschinen (oder Luftreinigungsmaschinen in Bergwerken) Windbüchse und Windpistole ꝛc. verdanken ihre Wirkung gleichfalls der Compressibilität und Elasticität der Luft.

§. 124.

Weil alle Körper auf Erden schwer sind und nach der Mitte der Erde zu hingetrieben werden, so muß begreiflich auch die Luft schwer seyn. Daß die Luft schwer ist, offenbart sich besonders deutlich an manchen Experimenten, wovon die instruktivsten diejenigen sind, welche zugleich die Stärke der drückenden Luft zeigen.

Füllt man eine etliche 30 Zoll lange, an dem einen Ende verschlossene Glasröhre mit Quecksilber, kehrt man sie dann, indem man das offene Ende mit dem Finger verschließt, um, und stellt hierauf dieses Ende unter Quecksilber, welches in einem Gefäße sich befindet, so sinkt das Quecksilber in der Röhre bis auf 27 oder 28 Zoll herab. Auf dieser Höhe bleibt es stehen.

An dem Stehenbleiben des Quecksilbers in der Röhre auf einer Höhe von 27 bis 28 Zoll kann weiter nichts als der einseitige Druck der Luft schuld seyn, indem über dem Quecksilber ein vollkommen luftleerer

Raum sich befindet. Vermöge ihrer Schwere drückt nämlich die Luft unten auf das in dem Gefäße enthaltene Quecksilber, welches mit dem Quecksilber in der Röhre communicirt. Dieser Druck der Luft ist im Stande, eine Quecksilbersäule auf jener Höhe von 27 bis 28 Zoll zu erhalten. Daß nur das Quecksilber allein mit diesem Drucke der Luft das Gleichgewicht hält, beweißt sich dadurch, daß über dem Quecksilber nichts ist, was jenem Drucke mit entgegenwirken könnte. Sobald aber das obere Ende der Röhre geöffnet wird, so fällt alles Quecksilber in der Röhre herab; denn nun drückt die Luft ohngefähr eben so stark von oben, als von unten, und da muß denn wohl die Quecksilbersäule vermöge ihres eignen Gewichts herabsinken.

Wenn der Druck der Luft Quecksilber auf einer Höhe von 27 bis 28 Zoll erhalten kann, so muß er Wasser auf einer ohngefähr $13\frac{1}{2}$mal größern Höhe, folglich auf einer Höhe von 30 bis 32 Fuß zu erhalten im Stande seyn, weil Wasser ohngefähr $13\frac{1}{2}$mal leichter ist, als Quecksilber. Daß dies wirklich der Fall ist, hat die Erfahrung längst bewiesen.

Den Versuch mit Quecksilber hat der berühmte Torricelli im Jahr 1643 zuerst angestellt. Man nennt daher diesen Apparat noch immer Torricellische Röhre, den luftleeren Raum über dem Quecksilber die Torricellische Leere. Der Versuch gab zugleich die erste Veranlassung zu der wichtigen Erfindung des Barometers. — Den Versuch mit Wasser machten die deutschen Naturforscher Sturm und Hausen zuerst.

§. 125.

Der Druck der Luft erhält die Quecksilbersäule und die Wassersäule bald auf einer größern, bald auf einer geringern Höhe, z. B. die Quecksilbersäule bald auf 27 bald auf 28 Zoll, die Wassersäule bald auf 30, bald auf 32 Fuß. Der Druck der Luft ist daher veränderlich, zu einer Zeit stärker, zur andern schwächer. Das Steigen und Fallen des Quecksilbers im Barometer zeigt diese Veränderlichkeit des Luftdrucks deutlich genug an.

Befindet sich über Quecksilber oder über Wasser kein vollkommen luftleerer, sondern blos ein luftverdünnter Raum, so hebt oder erhält der Druck der äußern Luft jene Flüssigkeiten auf einer Höhe, die der Quecksilberhöhe von 27 bis 28 Zoll oder der Wasserhöhe von 30 bis 32 Fuß um so näher kommt, je dünner die Luft über den Flüssigkeiten ist. Befindet sich über den Flüssigkeiten zwar Luft von natürlicher Dichtigkeit, aber von keiner Höhe, welche der ganzen Höhe der Atmosphäre gleich ist oder in keiner Verbindung mit dieser Atmosphäre, so können die Flüssigkeiten gleichfalls (wie man an dem nicht ganz vollgefüllten Stechheber sieht) schon auf einer bedeutenden Höhe (die aber immer geringer, als beym luftleeren Raume über der Flüssigkeit ist) erhalten werden. Weil die Atmosphäre bey zunehmender Höhe über der Erdfläche immer dünner wird, folglich immer schwächer drückt, so kann da der Druck der Luft nicht mehr mit einer 27 bis 28 Zoll hohen Quecksilbersäule, oder einer 30 bis 32 Fuß hohen Wassersäule balanciren. Je größer jene Höhe wird, desto schwächer wird dieser Luftdruck, wie

die Erfahrung hinreichend, namentlich an Barometern, womit man auf Berge stieg, erwiesen hat. In einer nicht gar zu großen Höhe über der Erdfläche kann man annehmen, eine Verminderung der Höhe des Quecksilbers von einer Linie entspreche einer Höhendifferenz von 75 Pariser Fuß.

Die Wirkung der Spritzen, der Saugpumpen, der Heber und vieler anderer Maschinen, wodurch Wasser zum Steigen gebracht wird, gründet sich auf diesen Luftdruck. Die Saugpumpen gaben eigentlich die erste Veranlassung zu Torricelli's Versuchen. Man wußte vorher wohl, daß das Wasser beym Hinaufziehen des Pumpenkolbens in dem luftleeren (oder eigentlich luftverdünnten) Raume der Pumpenröhre emporstieg und zwar nur bis auf 30 bis 32 Fuß; aber man wußte nicht, warum dies geschah. An den einseitigen Druck der äußern Luft, der dies verursachte, dachte man nicht. Daher konnte man auch nicht begreifen, warum man mit einer und derselben auf eine Anhöhe gebrachten Pumpe das Wasser nicht so hoch emporzuheben im Stande war, als in den Thälern. Die Luftpumpen, d. h. diejenigen Maschinen, womit man die Luft in gewissen eigends dazu eingerichteten Gefäßen verdünnen kann, verbreiteten in der Lehre vom Drucke der Luft noch viel mehr Licht.

§. 126.

Aus dem Bisherigen folgt, daß die Größe des jedesmaligen Drucks der Luft auf eine gewisse Fläche gleich ist dem Gewicht einer Quecksilbersäule von einer jener Fläche gleichen Basis und einer Höhe von 27 bis 28 Zoll, d. h. gleich dem jedesmaligen Barometerstande. So wäre z. B. der Druck der Luft auf eine Fläche von 1 Quadratfuß = 144 Quadratzoll, bey einem Baro-

meterstande von 28 Zoll gleich dem Gewicht einer Quecksilbersäule von 1 Quadratfuß Grundfläche und 28 Zoll Höhe = 28 . 144 = 4032 Kubikzoll. Nimmt man nun Pariser Maaß an, und rechnet man einen Kubikfuß Quecksilber zu 952 Pfund, folglich einen Kubikzoll zu $\frac{11}{20}$ Pfund, so wäre jener Druck auf einen Quadratfuß Fläche = 4032 . $\frac{11}{20}$ = $2217\frac{3}{5}$ Pfund.

Diese Berechnung kann unter andern bey Rommershausens Luftpresse Anwendung finden. — Wie sich der Luftdruck auf Bergen verhält, findet man nun auch leicht, wenn man daselbst die Höhe des Barometerstandes sieht.

§. 127.

Alle Körper dehnen sich durch Wärme aus und nehmen an Volumen zu, folglich auch die Luft. Sehr stark dehnt sich die Luft durch Wärme aus und dann wird sie sehr dünn oder locker. Durch einen hohen Grad von Wärme kann man die Luft in einem Raume so verdünnen, daß die übrig bleibende fast als Nichts anzusehen ist.

Wenn die Luft durch Wärme gezwungen wird, sich auszudehnen, so übt sie auf Körper, die ihr im Wege sind, einen Druck aus. Ist eingeschlossenes Wasser ein solcher Körper, und steht mit diesem Wasser eine ins Freye gehende Röhre in Verbindung, so treibt die ausdehnende Kraft der Luft das Wasser zu dieser Röhre heraus, kann es z. B. ziemlich hoch zum Springen bringen. Kommt ein Gefäß, worin die Luft durch Wärme verdünnt ist, vor dem Wiedererkalten der Luft unter Wasser oder unter eine andere Flüssigkeit, so wird diese durch den Druck der äußern Luft hineinge-

trieben. So kann man Gefäße mit sehr engen Röhren (z. B. Thermometerröhren) sehr leicht mit Wasser, Quecksilber ꝛc. füllen, welches man sonst auf keine andere Art zu vollbringen im Stande wäre.

Auf eine solche Verdünnung der Luft durch Wärme gründet sich die Wirkung des Lichterbrunnens. Brennende Lichter erhitzen die Luft in einem metallenen Gefäße und treiben sie durch Röhren auf Wasser, worin eine Sprungröhre sich befindet, aus welcher es, wie bey einer Fontaine, herausspringt.

Montgolfier und Dayme in England haben vor ein Paar Jahren eine Maschine erfunden, welche durch Ausdehnung und Zusammenziehung erhitzter Luft wirkt und zum Wasserheben, zur Treibung von Mühlen ꝛc. gebraucht werden soll.

II.

Die Wasserdämpfe, als Maschinenkraft.

§. 128.

Wasser kann vom Wärmestoffe in so feine Theilchen zertheilt werden, daß diese, mit dem Wärmestoffe verbunden, ein geringeres specifisches Gewicht bekommen, als die atmosphärische Luft, und dann in derselben unter dem Namen Dämpfe emporsteigen. Daß diese Dämpfe eine grosse ausdehnende Kraft besitzen, liegt in der Natur ihrer Entstehungsart, und ist auch in der Erfahrung schon lange bestätigt worden. Jede Quantität der gewöhnlichen Dämpfe nimmt einen beynahe fünfzehnhundertmal größern Raum ein, als das Wasser, woraus sie entstanden sind. Daher muß wohl ihre ausdehnende Kraft (ihre Elasticität) sehr groß seyn. Diese

äußern sie dann sehr lebhaft, wenn sie in einen engern Raum gepreßt oder zusammengehäuft worden sind.

Die gewöhnlichen Dämpfe sind also beynahe fünfhundertmal leichter als Wasser. Weil nun die atmosphärische Luft ungefähr 800mal leichter ist, als Wasser, so sind jene Wasserdämpfe beynahe noch einmal so leicht, wie Luft und müssen deswegen wohl von der atmosphärischen Luft in die Höhe gehoben werden. Verlieren die Dämpfe ihren Wärmestoff wieder, z. B. durch Berührung eines kalten Körpers, so verlieren sie auch ihre elastische Kraft; die Wassertheilchen treten dann wieder näher zusammen, entweder in der Form eines sichtbaren Nebels oder auch sogleich in völlig tropfbarer Gestalt.

Die im Wärmestoffe vollkommen aufgelößten Wasserdämpfe sind so durchsichtig wie die Luft. Sie bleiben auch bey der Trennung vom Wasser so lange unsichtbar und elastisch, als sie die dazu erforderliche Quantität Wärmestoff beybehalten, oder nicht durch gar zu gewaltsames Zusammenpressen zersetzt werden. Vermöge einer Aeolipila (einer Dampfkugel, Windkugel), d. h. vermöge einer mit einer engen Dampfausströmungs-Röhre versehenen hohlen kupfernen Kugel, worin durch Sieden Wasser in Dampf verwandelt wird, kann man jene Erscheinungen deutlich wahrnehmen. Das specifische Gewicht des Dampfs läßt sich in einem kugelartigen eine kleine röhrenförmige Oeffnung besitzenden mit Wachs verschließbaren gläsernen Gefäße erforschen, welches man erst mit der in sich enthaltenden Luft wägt, hierauf mit Dampf, den man in dem Gefäße aus hineingebrachtem destillirtem Wasser entwickelt, und der auch die Luft heraustrieb, und zuletzt mit der Luft (die man wieder hineinließ) und dem Dampfe (oder vielmehr dem durch die hineingedrungene kalte Luft aus dem Dampfe wieder hervorgebrachten Wasser). Das

Gewicht des Gefäßes und der Luft von dem Gewicht des Gefäßes, der Luft und des Dampfs abgezogen, läßt das Gewicht des Dampfs übrig. Eine sehr empfindliche Waage gehört freylich zu diesem Versuche. — So fand Schmidt die Wasserdämpfe 1470mal leichter als Wasser.

§. 129.

Die Kraft der Wasserdämpfe wird zu höchst wirksamen Maschinen, den Dampfmaschinen, benutzt, welche heutiges Tages in der praktischen Mechanik eine höchst wichtige Rolle spielen. Zu einem ungeheuren Grade kann diese Kraft steigen, wie Versuche und Erfahrungen hinreichend gelehrt haben.

Von Betancourt, Schmidt, Dalton, Woolf u. a. stellten über die Kraft der Dämpfe sehr belehrende Versuche an. Nach den Versuchen des Betancourt (womit diejenigen des Schmidt übereinstimmten) besitzen die Dämpfe von 80 Grad Reaumür Wärme, die sich also bey der Siedhitze des Wassers entwickelt hatten, dieselbe Kraft, wie der Druck der atmosphärischen Luft. Es wurde zu diesen Versuchen ein Dampfbarometer angewandt, welches sich von dem gewöhnlichen Barometer blos dadurch unterschied, daß man auf dasjenige Quecksilber, worauf sonst der Druck der Luft wirkt, die entwickelten Wasserdämpfe streichen ließ. Diese erhielten, wenn sie 80 Grad Reaumür heiß waren, die Quecksilbersäule unter der Torricellischen Leere auf derselben Höhe, worauf sie auch der Druck der Luft erhielt. Wurden die Dämpfe durch Abkühlung zersetzt und wieder in Tropfen verwandelt, so sank die ganze Quecksilbersäule in der Röhre herab.

Nun kam es noch darauf an, das Gesetz der Expensivkraft des Wasserdampfs oder die Grade zu finden, nach welchen die Stärke des Wasserdampfs bey zunehmender Hitze wächst. Dazu konnte begreiflich kein gläserner Apparat dienen, sondern man mußte einen starken metallenen wählen, mit einer wohl 4, 5, 6 und mehr Fuß langen Röhre, weil man wohl denken konnte, daß eine größere Hitze der fest eingeschlossenen Dämpfe das Quecksilber über den gewöhnlichen Barometerstand und selbst weit über denselben hinauftreiben würde. So fand denn Betancourt die Gewalt der Dämpfe bey 80 Grad Reaum. dem Druck einer Quecksilbersäule von 28 Zoll (= dem Druck unserer Atmosphäre) gleich; bey 90 Grad von 46,4 Zoll; bey 100 Grad von 71,8; bey 110 Grad von 98 Zoll. So fand er und Schmidt, daß die Dämpfe bey 96 Grad dem doppelten, bey 106 Grad dem dreyfachen, bey 112½ dem vierfachen, bey 160 dem sechsundzwanzigfachen Drucke der Atmosphäre gleich waren. Daher nahm die ausdehnende Kraft des Wasserdampfs mit den höheren Temperaturen nicht gleichförmig, sondern schnell beschleunigend zu.

Der Engländer Dalton, welcher dieselben Versuche mit andern vollkommnern Apparaten wiederholte, fand ganz andere Resultate, als Betancourt und Schmidt. Er fand erst bey 112 Grad Reaumur die Dämpfe noch einmal so stark, bey 125 Grad dreymal so stark, bey 136 Grad viermal so stark als den Druck der Atmosphäre. Es hätten also jene beyden verdienten Männer die Kraft der Dämpfe bey zunehmender Hitze viel zu groß angegeben.

In dem Kaiserl. Polytechnischen Institute zu Wien

wurden ähnliche Versuche mit großer Sorgfalt angestellt. Man machte einen eignen Apparat, worin die entwickelten Dämpfe hineinströmten und daselbst auf ein Thermometer, zugleich aber auch auf ein in einer Oeffnung befindliches, mit Gewichten beschwertes senkrecht herabdrückendes Kugelventil wirkten. Der Querschnitt der Ventilöffnung betrug 0,506 Zoll. Da ergab sich denn, daß das auf das Ventil drückende Gewicht bey 89 Grad Reaum. $1\frac{1}{4}$ Pfund betragen mußte, um die das Ventil hebenden Dämpfe so eben zurück zu halten; bey $96\frac{1}{2}$ Grad $2\frac{1}{2}$ Pfund, bey $107\frac{1}{2}$ Grad 5 Pfund, bey 129 Grad $12\frac{1}{2}$ Pfund, bey 151 Grad 25 Pfund, bey 178 Grad 50 Pfund. Die Elasticität des Dampfs, durch Höhen einer Quecksilbersäule ausgedrückt, gab diese nach der aufgeführten Ordnung der sechs Versuche 14,05"; 28,11"; 56,22"; 140,55"; 281,1"; 562,2".

Weiß man die Kraft der Dämpfe auch nur in Höhen von Quecksilbersäulen anzugeben, so kann man auch leicht den Druck der Dämpfe auf irgend eine bestimmte Fläche berechnen (nach §. 126.) und in Pfunden angeben. — Welche Kraft heiße Wasserdämpfe auszuüben vermögen, sieht man schon an den bekannten kleinen gläsernen Knallkügelchen (hohle mit etwas Wasser versehene und dann wieder zugeschmolzene Kügelchen, die auf glühenden Kohlen oder in der Lichtflamme mit starkem Knalle durch die eingesperrten Dämpfe zersprengt werden), an dem Papinischen Topfe; an dem Schiessen mit Dämpfen aus einer Röhre; vorzüglich aber an den Dampfmaschinen, welche oft die Kraft von 80 bis 100 Pferden ausüben.

Mémoire sur la force expansive de la Vapeur de l'eau, par Mr. de Betancourt. Paris 1761. 4. — Uebersetzt in Voigts Magazin für das Neueste aus der Physik ec. Th. IX. St. 2. Gotha 1794. 8. S. 102 f.

F. A. K. Grens neues Journal der Physik. Bd. I. S. 62 f.; Bd. IV. Heft 2 und 3. Leipzig 1795. 1797 8. Voigts, Grens und Schmidts Abhandlungen über die Kraft der Wasser-Dämpfe.

J. C. Hofmanns allgemeine Annalen der Gewerbskunde. Bd. I. Leipzig u. Wien 1803. 4. S. 554 f. Dalton, über die Kräfte der Wasserdämpfe. — Auch in Gilberts Annalen der Physik. Bd. XVII. und XXV. nebst Formeln dazu von la Place und Soldner.

Jahrbücher des Kays. Königl. Polytechnischen Instituts in Wien. Bd. I. Wien 1819. 8. S. 144 f. Arzberger über die im polytech. Institute über die Elasticität der Wasserdämpfe angestellten Versuche.

Zweyter Theil.
Die eigentliche Maschinenlehre.

§. 130.

Alle Maschinen bringe ich hier unter folgende dreyzehn Abschnitte:

1. Maschinen zum Heben trockener Lasten.
2. Maschinen zum Wasserheben.
3. Maschinen zum gewaltsamen Forttreiben des Wassers oder Wasserspringwerke.
4. Maschinen zum Fortziehen und Fortschieben von Lasten.
5. Maschinen zum Pressen und Feststampfen.
6. Maschinen zur Erregung eines Luftzugs und Luftwechsels.
7. Maschinen zum Zermahlen.
8. Maschinen zum Zerstampfen.
9. Maschinen zum Zerschneiden.
10. Maschinen zum Bohren.
11. Maschinen zum Schleifen und Poliren.
12. Die Dampfmaschine insbesondere.
13. Maschinen zur Zeiteintheilung.

Außerdem giebt es noch eine Menge Fabrikmaschinen und ökonomische Maschinen, deren Beschreibung der Technologie und der Landwirthschaft überlassen bleiben muß.

Wichtige Fabrikmaschinen sind unter andern: Krempelmaschinen, Spinnmaschinen, Webemaschinen, Scheermaschinen, Drehemaschinen u. s. w.; wichtige ökonomische Maschinen sind: die Dreschmaschinen, Säemaschinen, Erndtemaschinen, Buttermaschinen 2c. Die Hauptgrundsätze zu ihrer Zusammensetzung findet man in der Maschinenlehre, sowie durch Kenntniß dieser Wissenschaft die Wirkung derselben leichter in die Augen springt.

Erster Abschnitt.

Die Maschinen zum Heben trockener Lasten.

I.

Die Hebladen.

§. 131.

Da man mit dem bloßen Hebebaume (§. 38.) eine Last nur auf eine sehr geringe Höhe vortheilhaft emporbringen kann, so verband man mit ihm eine solche Vorrichtung, vermöge welcher der Unterstützungspunkt des Hebels, beym Heben selbst, immer höher gebracht wurde. So erhielt man diejenigen Maschinen, welche man Hebladen nennt. Diese Hebladen kann man aber auch nur anwenden, um eine Last wenige Fuß hoch emporzubringen, z. B. sie auf Wagen zu laden, auch Bäume, Wurzeln u. d. gl. aus der Erde zu heben.

Gesetzt, ein starker mit einem schweren Fuße versehener aufrecht stehender Balken, AB (oder eine aus

dicken Bohlen zusammengesetzte Vorrichtung) Fig. 1. Taf. IV. enthalte mehrere quer hindurch gehende Löcher *a*, *b*, *c*, *d*, *e* u. s. w., die sich im Zickzack die ganze Höhe des Balkens hinauf erstrecken. Gesetzt ferner, es lassen sich in diese Löcher starke eiserne Bolzen so stecken, daß sie an der vordern Fläche des Balkens noch eine bedeutende Hervorragung lassen; so kann auf diese Hervorragung des Bolzens ein starker oft viele Ellen langer Hebel *CD* gelegt werden. Damit dieses um so sicherer und mit gleicher Geschwindigkeit geschehen könne, so hat der Hebel auf seiner Unterfläche zwey für die Rundung der Bolzen passende Einschnitte. Vorn bey *D* aber hat der Hebel ein starkes eisernes Band mit einem starken eisernen Haken, oder auch mit starken Ketten, woran die emporzuhebende Last gehängt werden kann. Ruht nun z. B. der Hebel auf dem Bolzen *a*, so drückt man das Ende *C* so weit nieder, daß man in *b* den zweyten Bolzen einstecken kann, der nun eine höher liegende Unterlage bildet. Hierauf drückt man das Ende *C* bis über das Loch *c* hinauf, um wieder da den Bolzen unter den Hebel stecken zu können. Nun läßt sich die Last bey Niederdrückung des Hebels bey *C* wieder bis über das Loch *d* emporheben. Man steckt auch da einen Bolzen hinein, hebt das Ende *C* abermals über *e*, bildet da wieder durch den hineingesteckten Bolzen einen Unterstützungspunkt, und geht so immer höher und höher hinauf. Dadurch kann also die Last bis zu einer Höhe gebracht werden, welche der Höhe des Balkens *AB* gleich, oder doch beynahe gleich ist. Schlingt man starke Ketten, die mit dem Ende *D* des Hebels in Verbindung sind, um Wurzeln eines Baum-

stocks (einer Stubbe), so kann man diese vielleicht mittelst der Heblade aus der Erde reißen.

Es ist gut, wenn die beyden Bolzen mittelst einer Kette zusammenhangen, die beym Hineinstecken der Bolzen in die Löcher immer schlaff bleibt.

§. 132.

Die vertikale Vorrichtung mit den Löchern besteht auch oft aus zwey starken Bohlenwänden, die, durch Querbalken oder starke Querhölzer verbunden, einen Raum einschließen, zwischen welchen der Hebel hinaufbewegt wird. Dieselbe Vorrichtung steht auch wohl schräg und hat dann zwey Balken als Stützen.

Es giebt auch ganz eiserne Hebladen. Eine dicke und breite eiserne Stange, oder vielmehr ein eiserner Balken, ruht senkrecht auf einem breiten Fuße. Sie ist an zwey gegenüber liegenden Seiten wie ein Sperrrad oder wie eine Säge gezahnt. Die Zähne gehen schräg hinaufwärts und sind auf der obern Fläche etwas ausgehöhlt. In diese gezahnten Einschnitte legt sich der Hebel mittelst Gabel und Biegel immer höher und höher ein, so wie man den Hebel auf und nieder drückt. Die Zähne geben also die abwechselnden Ruhepunkte ab. Die vorn am Hebel sitzende Gabel umschließt die gezahnte Stange und an jeder gezähnten Seite geht von der Gabel ein beweglicher Biegel in die Höhe, der in die Zähne faßt. Der vordere Biegel ist mit dem Haken verbunden, woran die Last hängt. Drückt man den Hebel nieder, so legt sich sein vorderer Biegel in einen höhern Zahn ein, und der hintere Biegel dient während dieser Bewegung zur Unterlage. — Unter

dem Namen Baumhebe ist diese Hebslade auch zum Ausheben von Bäumen und Stubben empfohlen worden.

Zu letzterm Zwecke schlug man auch oft sehr complicirte kostspielige Maschinen vor, z. B. die sogenannte Kraftmaschine des Dänen Rieffelsen. Diese waren aber nicht zu einer allgemeinen Anwendung geeignet. Mit mehr Nutzen möchte wohl noch einmal die hydrostatische und hydromechanische Presse dazu angewandt werden können. Was übrigens die Hebladen selbst betrifft, so ist ihr Gebrauch jetzt nicht so häufig mehr, weil sich ihre Stelle durch andere viel wirksamere und bequemere Hebzeuge (z. B. durch verschiedene Arten von Winden) ersetzen läßt.

Außer meiner Encyclopädie des Maschinenwesens Th. II. und VI. Art. Heblade führe ich hier noch an:

J. Leupold, Theatrum machinarum hydrotechnicarum oder Schauplatz der Wasserbaukunst. Leipzig 1724. Fol. S. 65 f. — Dessen Theatrum machinarum oder Schauplatz der Hebzeuge. Leipzig 1725. Fol.

G. C. Silberschlags Kloster Bergische Versuche. Berlin 1768. 8. S. 169 f.

J. Bösens verbesserte von Peter Sommer in der Schweiz erfundene Hebmaschine, womit man Bäume sammt ihrer Wurzel aus der Erde reißen kann. Göttingen 1771. 8.

J. P. Eberhard, Beyträge zur Mathesi applicata. Halle 1771. 8. S. 29 f.

Beschreibung einer neu erfundenen Hebmaschine zum Ausrotten der Stöcke in den Waldungen. Mannheim 1780. 8.

J. F. Lempe, Lehrbegriff der Maschinenlehre. Th. I. Leipzig 1795. 4. S. 104 f.

Saint Victor Beschreibung einer Maschine zum Ausroten der Baumstöcke. Leipzig 1803. 4.

p. Riefflesens große Kraft- oder Hebmaschine Bäume aus der Erde zu schaffen und ungeheure Lasten zu heben. Hamburg 1810. 4. — Auch im neuen Magazin der Erfindungen. Bd. II. S. 26 f.

II.

Die einfachen und verstärkten Winden.

§. 133.

Die einfache Winde ist ein Rad an der Welle (§. 43.), welches zum Emporheben von Lasten gebraucht wird, die an einem um die Welle (den Rundbaum) gelegten Seile hängen. Oft geschieht damit das Emporheben der Lasten auf eine sehr beträchtliche Höhe, z. B. in Bergwerken.

Ist die Welle liegend, so wird die Winde ein Haspel genannt; ist sie stehend, so heißt die Winde ein Göpel. Der Haspel ist entweder ein Kreuzhaspel, oder ein Hornhaspel, oder ein Seilrad (Seilradhaspel) oder ein Hornrad (Hornradhaspel) oder ein Spillrad (Spillradhaspel), oder ein Laufradhaspel, oder ein Tretradhaspel, auch wohl ein Wasserradhaspel. Mit gezahntem Räderwerk, mit Schrauben ohne Ende, mit Flaschenzug u. s. w. verbunden, verwandeln sich alle diese Arten von Winden in verstärkte oder zusammengesetzte.

1. Die Haspel.

§. 134.

Bey dem Kreuzhaspel Fig. 2. Taf. IV. gehen im rechten Winkel kreuzweise Arme oder Speichen

durch die Welle oder den Rundbaum, um den das Seil geschlagen ist. An die Enden der etwa 6 Fuß langen Speichen fassen die Arbeiter und drehen den Baum um. Ein zweckmäßiges festes Gestelle (aus dem Geviere oder der Basis, aus Stützen und Streben bestehend) dient dem Rundbaume zum Lager. Die eisernen Zapfen des Baums laufen auf dem Lager in messingenen Pfannen. Der Haspel wird am meisten auf Dachböden, vor Kellertreppen, auf Schiffen, beym Bauwesen, bey Feuerrettungsmaschinen, bey Rammen ꝛc. gebraucht, wo man mit ihm Lasten in mehr oder weniger abgesetzten Zeitpunkten bewegt. Zuweilen giebt man dem Rundbaume ein Sperrrad, in dessen Zähne ein Sperrhaken fällt. Dadurch erhalten die Arbeiter allerdings viele Erleichterung.

Wichtiger ist der durch eine Kurbel, das sogenannte Haspelhorn, oder ein Paar Kurbeln bewegte Hornhaspel, welcher vorzüglich in Bergwerken gebraucht und daher auch Berghaspel genannt wird. Er ist entweder einmännisch, oder zweymännisch oder dreymännisch oder viermännisch, je nachdem er von ein, zwey, drey oder vier Arbeitern, den Haspelknechten, betrieben wird. Der zweymännische hat an beyden Enden der Welle ein Haspelhorn, wie Fig. 3. Taf. IV.; der viermännische hat an jedem Ende eine doppelte Kurbel, wie man eine solche bey *bcd* Fig. 11. Taf. II. sieht; der dreymännische hat an dem einen Ende eine einfache und an dem andern eine doppelte Kurbel. Das Seil ist übrigens so um den Rundbaum des Hornhaspels geschlagen, daß von zwey daran hängenden Gefäßen (Kübeln, Tonnen ꝛc.) das eine leer herabgeht,

wenn das andere voll hinaufsteigt. Der leichtern und gleichförmigern Bewegung halber giebt man dem Rundbaume zuweilen ein Schwungrad.

Eine bequeme Stellung des Haspelknechts ist zur Betreibung des Haspels durchaus nothwendig. Daher müssen sich die senkrecht' stehenden Haselstützen, in deren Pfannen oder Pfadeisen oben die Wellzapfen laufen, nach der Größe der Arbeiter richten. Von der Fußsohle eines Arbeiters bis zum Pfadeisen kann die Höhe der Stützen ⅔ von der ganzen Länge des Arbeiters betragen. Auch muß für die Kübel und Tonnen Raum genug seyn, damit sie nirgends anstoßen und nicht mit Gefahr für die unten stehenden Arbeiter Erze und Berge verschütten. Die Länge des Rundbaums giebt Lempe im Mittel zu 7 Fuß, den Durchmesser für einen zweymännischen giebt er zu 8 bis 9 Zoll, für einen viermännischen zu 10 bis 12 Zoll an. Die Höhe des Haspelhorns oder die Länge des Kurbelarms darf nicht über 15 bis 18 Zoll rheinl. betragen, damit, bey dem höchsten Stande der Kurbel, der Griff (die Spille) nicht über die Schulter, beym tiefsten Stande nicht unter das Knie zu stehen komme.

Die Querbalken oder stärksten Balken des Gevieres (der Basis des Haspels), welche die Haspelstützen tragen, heißen Pfühlbäume, die Verbindungsstücke oder Längenbalken heißen Hängebäume. Rundbäume, Haspelstützen und Geviere macht man gewöhnlich aus Tannenholz; die Kurbel macht man auch wohl aus hartem Holz, aber doch am liebsten und am besten aus Eisen. Ist sie im letztern Falle eine einfache Kurbel, so wiegt sie ohngefähr 12 Pfund. Der 8 bis 9 Zoll tief ins Holz eingetriebene Theil der runden Zapfen ist vierkantig. Eiserne Ringe, die daselbst um den Rundbaum ge-

hen, verstärken die Befestigung. Die Pfannen oder Büchsen (die Pfadeisen), worin die Zapfen liegen, sind am besten von hartem Messing oder von Glockenmetall.

§. 135.

Kennt man das Gewicht des Rundbaums, der Zapfen und Kurbeln, der Kübel mit und ohne Ladung und des Seils, sowie die Straffheit des Seils, so findet man daraus die Stärke des Drucks auf die Pfannen, die Größe der Reibung und die zur Betreibung des Haspels nöthige Kraft. Kennt man ferner den Umfang des Kurbelkreises, die Umlaufszeit der Kurbel, den Umfang des Rundbaums, den Inhalt eines Kübels, die Ausleerungs- und Füllzeit für die Kübel und die Zahl der Arbeitsstunden in einem Tage, so kann man daraus die Gewichtzahl der Erze berechnen, welche man in einem Tage zu fördern im Stande ist.

So würde man aber ein Resultat erhalten, welches einen stets gleichförmigen Gang der Maschine und eine unveränderliche Wirkung der Kraft voraussetzte. Aber eine solche Gleichförmigkeit und Unveränderlichkeit findet keineswegs statt, weil das Moment der Last sowohl, als der Kraft veränderlich ist. Anfangs, wenn der volle Kübel unten und der leere oben ist, besteht das Gewicht der Last aus dem Gewicht der Fördermasse + dem Gewicht des ganzen Seiltrums, woran der volle Kübel hängt. Wäre die Länge des Seiltrums 20 Lachter = 140 Fuß, die Dicke des Seils $\frac{1}{2}$ Zoll, so würde das Gewicht des Seiltrums etwa 5 Pfund betragen. Ist der volle Kübel 2 Lachter gestiegen und der leere eben so viel gesunken, so gehen von dem Gewicht der

Last 4 Lachter Seil = 1 Pfund ab; und dies geschieht so oft, als die Last 2 Lachter gestiegen ist. Diese beständige Abnahme der Last kommt der Wirkung der Kraft, die gegen das Ende ermüdet, zu Hülfe. Noch veränderlicher ist das Moment der Last, wenn sich das Seil auf dem Rundbaume bey einer tiefen Grube nicht blos neben, sondern auch über einander windet, weil dann nicht blos die Last selbst, sondern auch die Entfernung der Last von der Umdrehungsachse sich verändert (§. 44.). Man sucht sich hier bisweilen durch konische Wellbäume wie bey den Göpeln (§. 146.) zu helfen. Auf diesen Wellbäumen wird das Seil so umgewunden, daß es an dem kleinen Halbmesser zieht, wenn die Last in der Tiefe und ihr Gewicht am größten ist. Indessen sind solche konische Rundbäume überflüssig, wenn der Unterschied der Momente von geringer Bedeutung ist. Die Veränderlichkeit des Moments der menschlichen Kraft (§. 75.) verdient dann mehr Beachtung.

Aus Versuchen über die Kraft des Menschen an Kurbeln hat sich ergeben, daß, wenn die Geschwindigkeit des Knies der Kurbel, des Winkelpunktes oder Vereinigungspunktes vom Kurbelarme und Kurbelgriffe, 1 Fuß ist, die Kraft eines Haspelknechts 50 Pfund beträgt; bey 2 Fuß Geschwindigkeit ist diese Kraft 40 Pfund, bey 3 Fuß ist sie 30 Pfund, bey 4 Fuß ist sie 20 Pfund und bey 5 Fuß ist sie 10 Pfund. — Für Ausleerung und Füllung der Kübel rechnet man als Stillstandszeit 30 bis 34 Sekunden.

§. 136.

Das Seilrad oder der Seilradhaspel besteht blos aus einer an dem Rundbaume befestigten Scheibe, um deren mit Gabeln oder Widderhörnern verse-

hene Peripherie ein Seil ohne Ende liegt. Durch Ziehen an dem Seile dreht man (vermöge der von den Widderhörnern verursachten Friktion) die Scheibe, folglich auch den Rundbaum um; das Seil desselben wird dann aufgewickelt und die daran hängende Last in die Höhe gezogen. Ist, statt des Seils für die Kraft, eine Kette da, so nennt man denselben Haspel ein Kettenrad oder Kettenradshäspel.

Bleiben Seil (oder Kette), Widderhörner und Rinne von der Scheibe hinweg, und stehen statt jener Theile eine Anzahl Zapfen oder Arme (sogenannte Hörner) eben so auf der Peripherie der Scheibe, wie Zähne eines Stirnrades auf der Stirn desselben oder wie Speichen eines Wagenrades (ohne Kranz) in der Nabe; so hat man ein Armrad, Hornrad, oder einen Armradhaspel, Hornradhaspel. An den Armen oder Zapfen dreht man den Haspel um. Enthält der Rundbaum ein Rad mit zwey Kränzen, zwischen welchen in der Kreisrundung runde Stäbe (Spillen) parallel mit der Achse des Rundbaums und auf ähnliche Art stecken, wie die Schaufeln eines unterschlächtigen Wasserrades zwischen ihren Kränzen, so hat man ein Spillrad oder einen Spillradhaspel. An den Spillen dreht der Arbeiter den Haspel mit seinen Händen um.

§. 137.

Seilrad, Hornrad und Spillrad können dem Berghaspel den Rang nicht streitig machen; daher sieht man ihre Anwendung auch nur selten. Hingegen von dem Laufradhaspel, Tretradhaspel und Wasserradhaspel wird oft ein sehr nützlicher Gebrauch ge-

macht. Man erhält diese Haspel, wenn der Rundbaum mit einem Laufrade, oder mit einem Tretrade oder mit einem doppelt geschaufelten Wasserrade (einem Kehrrade) versehen wird.

Das Laufrad besteht aus zwey Kränzen, die durch Arme mit dem Rundbaume vereinigt sind. Die Kränze sind mit Dielen oder Bohlen zugeschlagen, auf deren innerem Boden sich aufgenagelte Leisten oder Staffeln befinden. Indem Menschen oder Thiere diese zu besteigen sich bemühen, so wird durch ihr Gewicht das Rad umgedreht. Läßt man den Boden mit Leisten zwischen den parallelen Kränzen weg, und befestigt man statt dessen Tretbreter oder Tritte zwischen die Kränze, worauf Menschen oder Thiere von Außen wie auf einer Treppe treten, so verwandelt sich das Laufrad in ein Tretrad.

§. 138.

Die Größe der Laufräder beruht auf der Größe der Thiere, welche die Maschine betreiben sollen. Denn diese müssen bequem unter dem Wellbaume stehen können. Niedriger als 12 und höher als 36 Fuß macht man sie selten. Ihre Breite rechnet man für einen Menschen zu 18 bis 20 Zoll, für zwey Menschen neben einander zu 40 bis 44 Zoll, für ein Maulthier 2 Fuß, für zwey 4 Fuß 6 Zoll; für ein Pferd oder für einen Ochsen 3 bis 4 Fuß, für zwey 7 bis 8 Fuß. Damit der Hebelsarm der Kraft so wenig wie möglich verkürzt werde, so macht man den Radkranz nicht zu breit, aber auch wegen seiner haltbaren Verbindung mit den Armen nicht zu schmal. Bey einem Rade von 14 bis

16 Fuß Höhe kann seine Breite ohngefähr 5 Zoll, seine Dicke 3 Zoll betragen.

Sehr viel kommt es bey den Laufrädern darauf an, die vortheilhafteste Stelle auszumitteln, wo Menschen oder Thiere das Rad am besten und leichtesten umtreiben können, sowohl in Hinsicht der zu bewegenden Last, als auch der längern Ausdauer der Arbeit. Dies hängt von dem vortheilhaftesten Neigungswinkel des Schritts ab. Denkt man sich durch den Schwerpunkt eines Menschen oder Thieres einen Radhalbmesser gezogen und von dem Mittelpunkte eine lothrechte Linie herabgelassen, so bilden diese beyden Linien den Neigungswinkel. Statt des Perpendikels aus dem Mittelpunkte kann man sich auch ein Perpendikel vom Schwerpunkte des Menschen oder Thieres herabgelassen vorstellen. Dieser Neigungswinkel muß nämlich eine solche Größe haben, daß dabey die Beschwerlichkeit des Gehens am kleinsten wird. Für Menschen und für Esel soll dies ein Winkel von 30 Graden, für Pferde von 16 Graden seyn. Durch mehrere Versuche und Erfahrungen hat sich ergeben, daß sich in solchen Laufrädern, wenn auf Gewicht, Muskelkraft und Geschwindigkeit zugleich gesehen wird, der Effekt eines Menschen zum Effekte eines Esels verhält, wie 1 : 2; zum Effekte eines Ochsens wie 1 : $1\frac{7}{8}$; eines Maulthiers wie 1 : $3\frac{1}{2}$; eines Pferdes = 1 : 6. Im Durchschnitt kann man annehmen, daß zwey Menschen im Stande sind, mit dem Laufradhaspel 208 Pfund in einer Sekunde 1 Fuß hoch emporzuheben. — Uebrigens gewährt das Laufrad den Vortheil, daß es wegen seiner ansehnlichen Größe mit als

Schwungrad wirkt und die Bewegung ziemlich gleichförmig macht.

§. 139.

Muskelkraft und Gewicht ist freylich, bey verschiedenen Menschen und bey verschiedenen Thieren einerley Art, oft bedeutend verschieden, was denn nicht blos auf Druck in einem Lauf- und Tretrade, sondern auch auf Zug, Schub rc. eine verschiedene Wirkung hat. Im Durchschnitt kann man das Gewicht eines erwachsenen Menschen auf 140 Pfund setzen. Aber der Mensch kann oft das Doppelte seines Gewichts auf den Schultern tragen. Nach den Versuchen des Franzosen le Sauveur kann ein Mensch 25 Pfund Last in einer Stunde, (= 3600 Sekunden) ohne zu ermüden, 6000 Pariser Fuß weit fortziehen. Daher wäre die Geschwindigkeit des Menschen in einer Sekunde $= \frac{6000}{3600} = 1{,}66$ Pariser Fuß. Ueberhaupt sind, nach allen darüber gemachten Erfahrungen und Versuchen, 25 bis 30 Pfund bey einer Geschwindigkeit von 2 bis 3 Fuß das Höchste, was man für die menschliche Kraft im horizontalen Zuge rechnen kann. Nimmt man dafür das Mittel = 30 Pfund bey einer Geschwindigkeit von 2 Fuß an, so wäre das Moment des Menschen $= 2 \cdot 30 = 60$.

Das Gewicht der Pferde geht gewöhnlich von 850 bis 1320 Pfund. Nimmt man mit le Sauveur (nach dessen Versuchen) an, daß ein Pferd 175 Pfund in einer Stunde 11000 bis 12000 Fuß weit fortziehen kann, so wäre die Geschwindigkeit beym Pferde doppelt so groß und die bewegte Last siebenmal größer, als bey dem Menschen, oder das Moment des Pferdes wäre = 14, wenn

man das Moment des Menschen = 1 setzt. Hiermit stimmen auch andere Erfahrungen überein.

Ein Ochs zieht auf der horizontalen Ebene etwas stärker als ein Pferd; aber die Geschwindigkeit eines Pferdes ist viel größer, als die eines Ochsen. Soll eine Last durch Thiere auf einen Berg geschafft werden, so ist der Ochs einem Pferde vorzuziehen.

§. 140.

Wenn die Last des Laufradhaspels einmal auf kurze Zeit das Uebergewicht bekommen sollte, so kann dies sogleich dadurch aufgehoben werden, daß sich die Arbeiter weiter von der tiefsten Stelle des Rades entfernen. Wenn aber die Kraft das Rad zu sehr beschleunigt, so brauchen sich die Arbeiter nur der tiefsten Stelle des Rades zu nähern; alsdann wird das Moment der Kraft wieder vermindert.

Weit schlimmer ist der Zufall, wenn unglücklicherweise die Last vom Seile abspringen sollte, und dadurch das Rad auf einmal zu sehr in Schwung kommt. Dieselbe Gefahr wird aber auch dann bereitet, wenn die Last zu sehr das Uebergewicht erhält, so daß das Laufrad plötzlich zurückschwingt. Gegen solche Gefahren haben die Engländer Pinchbeck, Bunce, Mocok, Dixon und Andere verschiedene Bremswerke oder Hemmvorrichtungen erfunden. Dixons Vorrichtung besteht in abgesonderten an der Welle des Laufrades angebrachten Schutzrädern, in welche man, zur Zeit der Gefahr, mittelst herabhängender von den Arbeitern zu ergreifender Seile Stangen hineintreibt, die das Rad in Stillstand bringen müssen. Besser möchte aber wohl ein

über dem Rade schwebender Bremskranz seyn, der einen Umdrehungspunkt in einem eignen stehenden Balken hat, und durch Seile, die der Arbeiter leicht ergreifen kann, sich fest an das Rad pressen läßt, um dessen Lauf augenblicklich zu hemmen. Man kann den Bremskranz auch gegen die Peripherie eines eignen an der Laufradswelle fest sitzenden Bremsrades pressen lassen. Leicht bringt man, wenn der Lauf des Rades wieder beginnen soll, den Kranz wieder von dem Rade hinweg, wenn man ihn aufwärts zieht, am besten mittelst eines Seils, das von ihm aus in die Höhe über eine Rolle und dann wieder herunterwärts geht.

Bey Krahnen (§. 143.) sind solche Bremswerke von vorzüglichem Nutzen. Man wendet sie aber auch bey Treträdern und bey Pferdegöpeln (§. 145.) an; bey Windmühlen gleichfalls, um zu jeder Zeit den Umlauf der Flügel hemmen zu können.

§. 141.

Den Tretradhaspel (§. 137.) findet man viel weniger, als den Laufradhaspel angewandt. Letzterer ist auch, wenigstens für Thiere, in der Regel vortheilhafter. Wenn man auch den Effekt des von Menschen bewegten Tretradhaspels, gewöhnlich größer als den Effekt eines Laufradhaspels angiebt, so muß man doch wieder bedenken, daß die Menschen im Tretrade eher ermüden, als im Laufrade, weil sie in jenem die Beine gewöhnlich höher heben und daher ihre Muskelkraft stärker anstrengen müssen.

Der Mensch tritt die Breter des Tretrades ohngefähr eben so stark, als die Sprossen einer senkrechten

Leiter, welche er langsam besteigt; und ohne merklichen Fehler kann man die Richtung des Tritts vertikal annehmen. Am wirksamsten treten Menschen das Rad, wenn ihre Füße 90 Grade vom höchsten oder tiefsten Punkte der Rad-Peripherie abstehen. Alsdann kann man für die bewegende Kraft $\frac{7}{8}$ des Gewichts vom Menschen rechnen; $\frac{1}{8}$ dieses Gewichts geht verloren, theils wegen der abwechselnden Bewegung der Füße (wobey der eine schief auf den Tritt wirkt, der andere senkrecht niederdrückt), theils weil sich der tretende Mensch mit dem Arme an einem fest stehenden Gerüste halten muß. Treten vierfüßige Thiere das Rad mit ihren Vorderfüßen, so geschieht dies ebenfalls am wirksamsten an einer 90 Grad von dem obersten oder untersten Punkte entfernten Stelle. Sie wirken dann nur mit der Hälfte ihres Gewichts. Treten sie das Rad mit den Hinterfüßen, so muß dies an einer Stelle des Rades geschehen, die etwa 30 bis 35 Grade vom höchsten Punkte entfernt ist. Man findet diese Stelle genauer, wenn man die Länge des Thieres, von der Brust bis an die Hinterfüße gemessen, von dem obersten Rad-Punkte an auf die Rad-Peripherie trägt.

Auf Neigung und Höhe des Schritts beruht die Anzahl der Trittbreter, weil Menschen und Thiere das Steigen ohne nachtheilige Anstrengung müssen verrichten können. Den Neigungswinkel bestimmt man auf eben die Art, wie bey dem Laufrade (§. 138.). Die Höhe des Schritts aber darf für Menschen nicht über 12 Zoll betragen, für Ochsen und Esel nicht über 9 Zoll, für Pferde nicht über 15 Zoll, und für Maulthiere nicht viel weniger. Die Breite der Trittbreter kann für Men-

schen 8 bis 9 Zoll, für Pferde, Ochsen und Maulthiere 11 bis 12 Zoll seyn.

Das Auffördern von Lasten in flachen Schächten mittelst der Haspel, und die Selbstausstürzung der Tonnen ist noch besonders bemerkenswerth.

§. 142.

Der Haspel jeder Gattung (§. 133 f.) wird ein verstärkter oder zusammengesetzter, sobald er mit noch andern mechanischen Rüstzeugen, z. B. mit Rad und Getriebe, mit der Schraube ohne Ende, oder mit dem Flaschenzuge verbunden ist. Die Größe der Verstärkung geschieht nach den bekannten Verhältnissen (§. 46 f.). Aber auch die bekannten Nachtheile in Beziehung auf Zeit und Geschwindigkeit der aufzufördernden Last zeigen sich bey einer solchen zusammengesetzten Maschine. Die Verstärkung einer Winde durch Rad und Getriebe oder durch die Schraube ohne Ende ist besonders da von Nutzen, wo die Last auf keine bedeutende Höhe emporgehoben werden soll und wo es hauptsächlich auf Verstärkung der Kraft ankommt. Dieß ist z. B. bey der Wagenwinde oder Fuhrmannswinde der Fall, welche aus mehreren in einem blechenen Gehäuse eingeschlossenen Rädern und Getrieben besteht, wovon das erste auf seiner Achse die Kurbel zum Drehen enthält, das letzte aber in eine bewegliche starke gezahnte Stange greift, deren oberer Theil die Last (z. B. einen beladenen Wagen auf einer Seite) emporheben soll. Durch Umdrehung des Räderwerks geht die gezahnte Stange mit der Last in die Höhe. — Eine Schraube ohne Ende ist bey der Wagenwinde noch wirksamer.

§. 143.

Ohnstreitig ist der Krahn oder Kranich unter den verstärkten Haspeln (gewöhnlich Laufradhaspeln) einer der allernützlichsten. Diese Maschine dient hauptsächlich, um Waaren und andere schwere Lasten aus den Schiffen zu laden und ans Ufer, oft auch gleich auf den Wagen zu bringen; oder auch, sie vom Ufer aus in das Schiff zu laden. Daher muß derjenige Theil, womit man die Last verbindet, eine doppelte Bewegung haben: eine vertikal auf- und niedergehende, und eine horizontal nach jeder Seite hin führende. Von einem in einem Thurmähnlichen Gebäude liegenden Rundbaume, der das Laufrad (oder ein Paar Laufräder) enthält, geht das Seil an einem vertikalen Wellbaume hinauf oben über eine Rolle und längs über einen schräg zu dem Gebäude hinausragenden Balken, dem Schnabel oder der Krahnbracke hin. Das vordere Ende des Schnabels enthält einen Flaschenzug, mit dem jenes Seil in Verbindung gebracht ist. Mit den Zugrollen des Flaschenzugs wird durch Ketten und Haken die Last verbunden. Wenn nun das Laufrad so getreten wird, daß sich das Seil um den Rundbaum wickelt, so kommt der Flaschenzug in Bewegung und der untere Kloben bewegt sich mit der Last in die Höhe. — Zuweilen ist auch die Krahnbracke selbst in einer vertikalen Ebene beweglich, wenn sie nämlich ein Hebel ist, dessen kurzer Hebelsarm vermöge eines Seils gleichfalls durch eine Winde auf- und niedergezogen werden kann.

Die horizontale Bewegung bekommt die Krahnbracke sammt dem daran hängenden Flaschenzuge dadurch, daß der vertikale Wellbaum, mit dessen obern

Ende sie verbunden ist, sich mittelst eines Hebels umdrehen läßt. Dieser Hebel geht in der Gestalt eines Rahmens um das Laufrad herum. Mit dem Wellbaume ist zugleich ein leichtes Dach verbunden, das sich sammt dem Wellbaume zugleich herumbewegt. Zu diesem Dache ragt die Krahnbracke heraus.

Dies ist die gewöhnliche Einrichtung des Krahns, der auch bisweilen zum Bauen, in Spiegelgießereyen zum Heben und Ausgießen der Glashäfen u. s. w. gebraucht wird. — Ein einfacher unter einem galgenähnlichen Gestelle schwebender ungleicharmiger Hebel würde den einfachsten Krahn darstellen.

2. Die Göpel.

§. 144.

Der gemeine Göpel oder Handgöpel besteht aus einem zwischen einem festen Gerüste auf Zapfen in Pfannen oder Pfadeisen beweglichen vertikalen Wellbaume *AB* Fig. 4. Taf. IV., um welchen ein Seil geschlagen ist, woran die emporzuhebende oder herbeyzuziehende Last hängt. Durch den Wellbaum sind kreuzweis die Schub- oder Zugstangen *DD* gesteckt, woran die Menschen den Wellbaum umdrehen. Das Seil wird auf eine Rolle *p* gelegt, von welcher es lothrecht herabhängt. Soll es horizontal fortgeführt werden, so muß es noch unter einer zweyten Rolle *q* hingehen.

In Bergwerken werden solche Göpel selten gebraucht. Zuweilen setzt man mit ihnen die Laufkarren oder Hunde in Bewegung. Am meisten wird er als Erdwinde bey Bauten angewendet, wo man mit ihm Lasten horizontal oder schräg herbey zieht.

§. 145.

Bey weitem wichtiger, ist der Pferdegöpel, dessen Anwendung auf Bergwerken man sehr häufig findet. Oft fördert man mit ihm aus 130 Lachtern (510 Fuß) tiefen Schächten die Erze und Berge zu Tage.

Die Haupttheile des über dem Treibschachte in einem runden Gebäude (dem Treibhause) stehenden Göpels sind folgende: der vertikal stehende Wellbaum *AB*, welcher Pfahlbaum oder Spindel heißt; der auf demselben concentrisch angebrachte Göpelkorb, um den sich das Seil wickelt; und der aus kreuzweisen Balken bestehende Schwengel, woran die (zwey bis vier) Pferde gespannt werden. Das Seil wird horizontal über Rollen geleitet und hängt von der letzten lothrecht in den Schacht hinab. Der Zweck des Göpelkorbs ist schnelleres Emporbewegen der Last. Daher pflegt man seinen Umfang gewöhnlich so einzurichten, daß ein Umschlag des Seils fünf Lachter beträgt. Freylich verlängert der Korb den Hebelsarm der Last, so daß nun mehr Kraft zur Treibung des Göpels erfordert wird, als wenn sich das Seil um einen dünnern Cylinder, auch wohl gar um den bloßen Rundbaum wickelte; aber das Emporheben der Last würde nun viel zu langsam geschehen, und dadurch, daß die Pferde für die Aufförderung einer Last viele Umgänge machen müßten, würden sie auch wieder zu sehr ermüdet. Durch einen längern Schwengel spart man zwar wieder von der einen Seite an Kraft, aber man verliert wieder an Zeit, indem nun die Pferde, um den Wellbaum einmal umzudrehen, einen größern Kreis durchwandern müssen. Daher ist es selten vortheilhaft, den Schwengel über 12 Ellen

lang zu machen. Statt der hänfenen Seile wendet man am liebsten eiserne an, d. h. Ketten, deren 3 Zoll lange Glieder aus dem besten zähesten Eisen gemacht sind.

Das öftere Schmieren der Zapfen an Spindel, Scheiben und Rollen ist sehr nothwendig, weil diese Theile sonst durch die starke Erhitzung, welche sie ausstehen, leicht abnutzen würden.

§. 146.

Senkt man mittelst des Pferdegöpels Lasten, z. B. Steine und Holz, in die Grube, so sinken diese durch ihre eigene Schwere nieder. Dies würde aber, zum Nachtheil der Maschine und mit Gefahr für die Menschen in der Grube, mit beschleunigter Bewegung geschehen, wenn man nicht die Bewegung durch Anhängung eines Klotzes, des sogenannten Hundes, an die Deichsel, welcher auf der Erde herausschleift, zu hemmen suchte. Durch ein Bremswerk (§. 140.) kann nicht nur ein einziger Mann die Pferde am Schwengel in vollem Zuge hemmen, sondern auch ohne Beyhülfe der Pferde die volle Tonne im Schachte erhalten. Ohne Bremswerk würden beym Abspringen der vollen Tonne die im Zuge begriffenen Pferde mit einer Gewalt vor sich niederstürzen, die der eben angewandten Gewalt gleich wäre; und die vorwärts gerichtete Bewegung des Göpels würde von der leeren Tonne noch beschleunigt werden, ehe die Pferde wieder aufspringen könnten. Pferde and Treibknechte würden also dabey einer Todesgefahr ausgesetzt seyn.

Spiralkörbe, d. h. konische Göpelkörbe mit spiralförmigen Gängen, in welche sich das Seil einlegt,

sind bey Pferdegöpeln noch nützlicher als bey Haspeln (§. 135.). Sie erhalten aus demselben Grunde das Verhältniß der Kraft zur Last möglichst gleichförmig. Die beyden abgestumpften Kegel liegen mit ihrer Basis an einander und die Einrichtung ist so getroffen, daß das Seil unten, mit der vollen Tonne von derjenigen Peripherie der Schnecke herabhängt, welche den kleinsten Durchmesser hat, das Seil mit der eben ausgeleerten Tonne von der Peripherie derjenigen Schnecke, welche den größten Durchmesser hat. So wie die volle Tonne steigt, wickelt sich ihr Seil auf immer höhere und höhere Gänge, während das Seil mit der leeren Tonne sich immer um niedrigere und niedrigere Gänge schlingt; u. s. f.

Wenn die volle Tonne oben ist, so richtet sich der Treibeknecht nach dem Zuruf des Stürzers. Auch an den Umschlägen des Seils kann er dasselbe wahrnehmen.

Außer Leupolds Theatrum mach. generale, Lempe's Maschinenlehre, meiner Encyclopädie d. Maschinenwesens Art. Haspel, Göpel und Pferdegöpel, Th. II. III. nenne ich noch:

H. Calvörs Beschreibung des Maschinenwesens auf dem Oberharze. Th. II. Braunschweig 1763. Fol. S. 29 f.

F. L. Cancrinus erste Gründe der Berg- und Salzwerkskunde. Th. VII. Abth. 1. 2. Frankfurt a. M. 1773. 8.

N. Poda, über die zu Schemnitz in Niederungarn errichteten Pferdegöpel. Dresden 1773. 8.

J. F. Lempe, Magazin für die Bergbaukunde. Th. II. Dresden 1786. 8. S. 119 f. — Th. IV. 1787. S. 3 f. — Th. V. 1788. S. 160 f. — Th. VII. 1790. S. 191 f. — Th. XII. 1795. S. 87 f. Ueber Berghaspel und Pferdegöpel.

A. W. Köhlers bergmännisches Journal. 1788. Bd. II. S. 614 f. — 1789. Bd. I. S. 55 f. — 1789. Bd. I.

S. 555 f. Bd. II. S. 871 f. — 1791. Bd. I. S. 26 f. — 1792. Bd. I. S. 383 f. — 1793. Bd. I. S. 12 f. — Ueber Pferdegöpel.

K. F. v. Böhmer, über die Grubenförderung. Th. I. Freyberg 1791. S. 166 f.

Ausführliche Beschreibung des Pferdegöpels auf der Grube neuer Morgenstern bey Freyberg. Freyb. 1792. 8.

A. W. Köhlers und C. A. S. Hoffmanns neues bergmännisches Journal. Bd. II. Freyberg 1799. 8. S. 180 f. Beschreibung eines neuen Pferdegöpels in Schweden ꝛc.

Zweyter Abschnitt.

Die Maschinen zum Wasserheben.

§. 147.

Maschinen zum Wasserheben giebt es sehr viele. Oft ist es nöthig, Wasser aus einer Tiefe herauf zu bringen, wo es sich anhäuft und wo es zur Verhütung von Schaden hinweggeschafft werden muß, wie z. B. das Grubenwasser in Bergwerken; wie das Wasser in tief liegenden Gründen, die urbar gemacht werden sollen; wie das Wasser in abgedämmten Flüssen, wo ein Schleusenbau, Mühlenbau ꝛc. veranstaltet werden soll. Oft muß auch Wasser in die Höhe gehoben werden, um es zu irgend einem Zweck zu benutzen, wie z. B. das Trinkwasser aus den Brunnen; das Salzwasser, um es des Gradirens wegen über die Dornen der Gradirhäuser zu bringen; das Wasser aus Flüssen, um es zur Wiesenwässerung zu benutzen; u. s. w. Manche Maschinen können das Wasser mehr, andere weniger hoch emporbringen; manche schaffen in gewisser Zeit eine größere, andere eine kleinere Quantität empor;

manche sind sehr einfach, andere sehr complicirt; manche bedürfen einer größern, andere einer geringern Kraft zum Betrieb. Es kommt darauf an, daß man zu irgend einem Zweck die beste und wirksamste auszuwählen versteht.

I.

Paternosterwerk, Schwammmaschine und Kastenkunst.

§. 148.

Mit dem Paternosterwerk (auch Rosenkranzmühle oder Püschelkunst genannt) kann man Wasser aus ziemlich tiefen Gründen heraufschaffen. In einer Entfernung, welche der Höhe des emporzuhebenden Wassers gleich ist, sind zwischen einem starken Gerüste vertikal über einander ein Paar Trillinge, jeder aus zwey Scheiben und mehreren runden Stöcken bestehend, angebracht. Um beyde ist ein Seil ohne Ende oder eine Kette ohne Ende geschlagen, welche so gespannt seyn muß, daß sie sich um die Trillinge herum bewegt, wenn einer von ihnen in Umdrehung gesetzt wird. An dem Seile (oder der Kette) sind in gleicher Entfernung von einander Püscheln, d. h. lederne mit Haaren ausgestopfte Kugeln oder ovale Körper befestigt, welche sich von unten an in eine auf der einen Seite angebrachte Röhre (wie eine Pumpenröhre) hineinziehen. Steht nun die Maschine mit dem untersten Trillinge im Wasser, und die Welle des obersten Trillings wird mittelst einer Kurbel, oder eines Laufrades ꝛc. in Bewegung gesetzt, so schieben sich die Püscheln, einer nach dem

andern unten in die Röhre hinein und zwängen eine ziemliche Quantität Wasser mit hinein, das aus einer oben angebrachten Ausgußröhre herausläuft und etwa in einer Rinne nach dem benöthigten Orte hinfließt. — Um eine schnellere Bewegung des Seils zu bewirken, kann oben mit dem Trillinge auch ein Vorgelege verbunden seyn.

Befestigt man, statt der Püscheln, Schwämme an das Seil, welche unten viel Wasser einsaugen, und bringt man oben eine Klemmvorrichtung an, welche die Schwämme drücken muß, so hat man Löschers Schwammmaschine. Befestigt man zwischen zwey parallele Seile oder Ketten Kasten oder Eimer auf einerley Art, so hat man die Kastenkunst oder das Eimerwerk. Die Röhre bleibt hier begreiflich weg und statt der Trillinge oben und unten nimmt man sechseckigte Wellen, über deren Seitenflächen sich die Kasten mit ihren Böden hinbewegen. Werden die Kasten unten durch das Wasser geführt, so schöpfen sie das Wasser, welches sie oben in eine Rinne ausgießen. Die eine Reihe Kasten ist daher immer voll, die andere leer. — Daß alle diese Maschinen auf den Trillingen oder Wellen eine große Reibung verursachen und einer baldigen Abnutzung ausgesetzt sind, ist leicht einzusehen.

II.

Die Schaufelkunst und Vera's Seilmaschine.

§. 149.

Wirksamer als Paternosterwerk und Kastenkunst, aber diesen Maschinen ähnlich in der Bewegungsart

und Wirkung ist die Schaufelkunst. Sie besteht aus einem schrägen oben und unten offenen langen hölzernen Kasten, durch welchen eine hinter einander folgende Reihe von viereckigten hölzernen Schaufeln, von unten nach oben, hindurchgezogen wird. Diese Schaufeln sind in gleicher Entfernung von einander an eine Kette befestigt, welche gewöhnlich aus lauter eisernen in der Mitte mit Gelenken versehenen Stäben besteht. Die Schaufeln verschließen den innern Raum des Kastens, aber ohne daß sie sich an die Wände desselben anklemmen. Die Kette schlägt sich mit den Schaufeln über zwey Wellen oder Trillinge, wovon die eine eben so wie bey dem Paternosterwerke und der Kastenkunst unter Wasser steht. Die oberste ist auch eben so mit der bewegenden Kraft verbunden. Kommt nun die Maschine in Bewegung, so schieben die Schaufeln bey ihrem Eintritt unten in den im Wasser stehenden Kasten das über ihnen befindliche Wasser in den Kasten hinein, heben es darin empor und gießen es eben da, wo sie schräg aus dem Kasten herauskommen, in eine Rinne aus. — Diese Maschine und manche ihr ähnliche wendet man oft im Grundbaue und zwar am meisten da an, wo Schlamm auszuräumen ist.

Die Hafenreiniger, Baggermaschinen oder Austiefungsmaschinen, wie man sie in Holland, in Hamburg und in andern Gegenden findet, sind gleichfalls eine Art Schaufelwerke. An einer Kette befestigte Eimer oder Kasten schlagen sich, wenn die bewegende Kraft ihr Werk beginnt, so über Scheiben, Wellen oder Trillinge, daß die Eimer unten schöpfen und das Geschöpfte oben an einer gewissen Stelle aus-

gießen. Die Maschinen sind auf eignen Schiffen (Prahmen) angebracht, um sie leicht von einem Orte zum andern bringen zu können. Oft werden solche Hafenreiniger durch Laufräder in Bewegung gesetzt.

§. 150.

Eine vorzügliche Wasserhebmaschine ist Vera's Seilmaschine. Ein Haarseil ohne Ende ist oben und unten eben so über Scheiben geschlagen, als das Seil oder die Kette beym Paternosterwerke über Trillinge geschlagen ist. Die untere Scheibe steht mit dem untern Theile des Gestelles unter Wasser. Die Welle der obern Scheibe enthält ein Getriebe, in welches ein Stirnrad eingreift, welches etwa durch eine Kurbel in Bewegung gesetzt wird. Dadurch zieht sich das Seil sehr schnell unter dem Wasser hin, und es hängt sich eine dicke Wassersäule an das Seil, welche erst oben von dem Seile sich trennt.

Die schnelle Bewegung des Seils ist Ursache des Anhängens so vieler Wassertheile an das Seil in Gestalt einer dicken Wassersäule. Denn eben wegen des schnellen Hinaufbewegens haben die Wassertheile keine Zeit, abzufallen. Die obere Scheibe ist von einem geräumigen Kasten eingeschlossen, dessen Boden zwey Löcher hat, durch welche die Seiltrümer mit dem nöthigen Spielraume gehen. Der Spielraum des vollen Seils (das eine Loch des Kastens) muß natürlich größer seyn, damit der Rand des Lochs das Wasser nicht vom Seile abstreife. Erst bey der Krümmung des Seils um die Scheibe fällt das Wasser ab. Eine geräumige Rinne am Boden des Kastens führt das Wasser zu seiner Bestimmung weiter.

Statt des Rades und Getriebes kann man auch eine große Scheibe und eine Rolle nehmen, um welche sich ein Riemen schlingt. Je schneller das Seil hinaufbewegt wird, desto mehr Wasser hängt sich an dasselbe und desto größer ist der Effekt der Maschine. Man kann auch mehrere Seile parallel mit einander in die Höhe gehen lassen; diese werden dann eine massive Wassersäule zwischen sich in die Höhe führen. Das Zapfenlager der obern Scheibe verbindet man gern mit einer Stellschraube, um dem Seile die gehörige Straffheit geben zu können.

III.

Das gemeine Schöpfrad und das Schneckenrad.

§. 151.

Von Schöpfrädern oder Rädern, welche das Wasser an ihrer Peripherie schöpfen und es dann in die Höhe führen, giebt es mehrere Arten. Das gemeine Schöpfrad ist so eingerichtet: An einem Rad-Kranze befinden sich rings herum in gleicher Entfernung beweglich hängende Kasten, welche sich um einen Bolzen oder runden Nagel drehen können. Unter dem Wasser schöpfen sich diese Kasten von selbst voll. Bey weiterer Umdrehung des Rades hängen sie sich ihrer Schwere wegen vertikal, so daß die Oeffnung der Kasten oben ist. Erreichen sie die höchste Stelle des Rades, so überwerfen sie sich über ein daselbst hervorragendes starkes Holz. Dadurch erhalten sie eine horizontale Lage, und nun schütten sie das Wasser in ein Gerinne aus. Sobald sie über dem Holze hinweggeschleift sind, hängen sie sich wieder von selbst vertikal.

Wird das Schöpfrad durch ein an seiner Welle angebrachtes Laufrad oder Tretrad (mittelst eines Vorge-

leges) bewegt, so können die Kasten zwischen zwey Radkränzen auf ähnliche Art hängend vertheilt seyn, als die Schaufeln eines unterschlächtigen Wasserrades (eines Staberrades) zwischen den Kränzen festsitzen. Dies ist gewöhnlich der Fall, wenn stillstehendes Wasser, z. B. zur Austrocknung überschwemmter Gegenden, zur Ausschöpfung von Kanälen u. d. gl. mit dem Schöpfrade emporgehoben werden soll. In Holland bewegt man solche Schöpfräder durch Windflügel. Will man aber Flußwasser emporschaffen (z. B. zur Wiesenwässerung), so läßt man das Schöpfrad zugleich durch das fließende Wasser umtreiben. Alsdann bringt man die hängenden Kasten (auch wohl Eimer) an der Seitenfläche des Radkranzes, am besten wohl eines Straubrades an. Während der Umdrehung des Rades durch den Stoß des Wassers schöpfen dann die Kasten und gießen ihr Wasser oben aus.

Begreiflich kann man mit einem solchen Schöpfrade das Wasser nicht völlig so hoch emporheben, als die ganze Rad-Höhe ist. Mit dem Tympanum der Alten konnte man es nur auf eine Höhe bringen, welche der halben Rad-Höhe gleich war.

§. 152.

Die Schneckenräder sind eine besondere Gattung von Schöpfrädern. An den Armen eines unterschlächtigen Wasserrades, dessen Welle eine hohle Walze ist, befinden sich mehrere in einer Vertikalebene eine um die andere spiralförmig gewundene wasserdichte Röhren. Die eine Mündung jeder Röhre endigt sich in der Nähe der Radperipherie, damit sie in das Wasser eintauchen

könne; die andere endigt sich in der hohlen Welle. Jene Mündungen schöpfen das Wasser bey der Umdrehung des Rades und führen es bis in die hohle Welle von Gestalt einer Wagenrad-Nabe. Durch diese fließt es in eine Rinne, die es nach dem bestimmten Orte weiter führt.

Bey gleichem Durchmesser des Schneckenrades und des gemeinen Schöpfrades hebt jenes das Wasser nur halb so hoch, als dieses. Weil auch die gewundenen Röhren der Bewegung des Wassers vielen Widerstand darbieten, der noch durch die mit dem Wasser zugleich geschöpfte Luft vermehrt wird, und weil außerdem die Anlags- und Unterhaltungskosten größer sind, als bey dem gemeinen Schöpfrade, so giebt man diesem doch den Vorzug.

Zu einem stets gleichen Momente des Schneckenrades würde es nöthig seyn, die Röhren nach einer Cycloide zu winden, welche durch Abwickelung des Umfangs der hohlen Walze oder Trommel entsteht.

IV.

Die Spiralpumpe und die Wasserschraube.

§. 153.

Die Spiralpumpe, welche Andreas Wirz zu Zürich im Jahr 1746 erfand, hat viele Aehnlichkeit mit dem Schneckenrade (§. 152.). In einem hohlen verschlossenen Cylinder, Trommel genannt, läuft eine lange und schmale Zinnplatte, welche genau an die Böden der Trommel anschließt, zehnmal um sich selbst in immer weitern und weitern Gängen eben so, wie die Feder einer Taschenuhr in ihrem Gehäuse

herumläuft. Das äußere Ende der spiralförmigen Platte stößt an eine Oeffnung in der krummen Seitenfläche des Cylinders. Hier befindet sich ein Schöpfer, welcher beym Umlauf der Maschine unten Wasser schöpft. Aus der Mitte des einen Bodens aber ragt eine Ausflußröhre in Gestalt einer Rad-Nabe hervor, wodurch das geschöpfte Wasser (und die Luft) aus den innern spiralförmigen Gängen heraus und in eine unbewegliche Steigröhre getrieben wird. Unten hat diese Röhre ein horizontales Endstück, in welches sowohl, als in die gedachte Nabe, ein kleines um sich selbst bewegliches Röhrenstück so einpaßt, daß dadurch eine Art Gewinde entsteht, welches die Umdrehung der Röhre verstattet, ohne einen Tropfen Wasser herausfließen zu lassen.

Besser als diese Spiralpumpe (womit Wirz das Wasser nur 18 Fuß hoch emporhob) ist eine andere, bey welcher die Röhrenwindungen nicht um einander, sondern neben einander laufen. Eine spiralförmige oder vielmehr schraubenförmige oder schlangenförmige Röhre windet sich um eine horizontal liegende Röhre, mit welcher sie fest verbunden ist. Das eine Ende dieser Röhre kann bey jeder Umdrehung der Welle Wasser (und Luft) schöpfen; das andere aber ist mit einer Steigröhre verbunden, in welcher das Wasser immer höher und höher steigt. Das schöpfende Ende der Röhre, Horn genannt, ist so erweitert, daß mit demselben das Wasser unten in hinreichender Menge geschöpft werden kann. Das andere Ende, wodurch das Wasser in die Steigröhre kommt, bewirkt die Verbindung mit der Steigröhre durch ein horizontales die Drehung nach Art eines Gewindes nicht aufhebendes Röhrenstück.

Bey jeder Umdrehung der Röhre schöpft das Horn Wasser, welches nach und nach durch alle Windungen hindurch geschraubt wird. Sobald das Wasser zur letzten Windung bis an die Steigröhre gelangt, so wird, bey fortgesetzter Umdrehung der Schraube das Wasser zum Steigen gebracht werden, weil es nicht anders ausweichen kann. — Man hat mit einer solchen Pumpe in jeder Minute 7 Kubikfuß Wasser 72 Fuß hoch durch eine 740 Fuß lange Röhrenleitung emporgehoben. Vor vielen andern Wasserhebmaschinen hat sie den Vorzug, daß von dem in den Windungen eingeschlossenen Wasser nichts verloren geht.

§. 154.

Die Wasserschraube oder Wasserschnecke des Archimeds Fig. 5. Taf. IV. gehört noch immer mit unter die vorzüglichsten Wasserhebmaschinen. Ein schräg in einem Gestelle angebrachter Cylinder, die Spindel, läßt sich um seine Achse drehen. Um diese Spindel herum windet sich eine Röhre oder auch ein viereckigter Kanal in Gestalt einer Schraubenlinie. Die untere Mündung *a* der Röhre muß so im Wasser stehen, daß sie dasselbe schöpfen kann. Wird nun die Spindel sammt der fest mit ihr verbundenen Röhre in Umdrehung gesetzt, so steigt das Wasser in der schraubenförmigen Röhre empor, und kommt oben bey *b* zum Ausfluß.

Man kann um die Spindel auch zwey, drey und mehr schraubenförmige Röhren herumgehen lassen, wenn man zur Umdrehung Kraft genug hat. Natürlich sind dann zum Eintritt und zum Ausfluß des Was-

sers eben so viele Oeffnungen da. — So ist man im Stande, eine große Quantität Wasser mit der Wasserschnecke in die Höhe zu schrauben.

Auch zum Emporschrauben von Getraide, von Malz, Mehl und ähnlichen Stoffen kann man diese Wasserschnecken anwenden.

§. 155.

Durch folgende Ansicht kann man sich von der Wirkung der Archimedschen Wasserschraube einen deutlichen Begriff machen. Wenn die Spindel lothrecht stände, so würde jeder schraubenförmige Gang sich gleichförmig über den Wasserspiegel erheben; die eine Hälfte des Schraubengangs würde eben so viel über der Horizontalfläche in die Höhe gehen, als die andere sich unter dieselbe neigte. Bey der schiefen Stellung hingegen steigt die eine Hälfte eines jeden Schraubengangs mehr, die andere weniger, als bey der lothrechten Stellung. Dieser Unterschied wird desto größer, je kleiner der Winkel ist, den die Achse der Spindel mit ihrer Horizontalfläche macht. Nun kann man die Spindel so stark neigen, daß die eine Hälfte der Schraubengänge gar nicht mehr steigt, daß sie sogar fällt. Hat die Spindel wirklich eine solche Neigung, so kann das Wasser, in welches die untere Oeffnung der schraubenförmigen Röhre bey der Umdrehung eingreift, beständig aus dem einen Schraubengange in den andern fallen. So kommt es denn nach und nach oben hin bis zur Ausflußöffnung.

Ein steter ununterbrochener Ausfluß kann begreiflich nicht statt finden, weil von jedem Schrauben-

gange nur der fallende Theil mit Wasser angefüllt ist, der steigende hingegen immer leer bleibt. Das Wasser in der Schraube ist also keine zusammenhängende Masse und bey jeder Umdrehung kann nur die in der fallenden Hälfte enthaltenen Wassermenge ausgeschüttet werden. Wenn aber zwey, drey oder mehr Röhren sich nicht parallel um die Spindeln schlängeln, so läßt sich dadurch der Ausguß beynahe ununterbrochen machen.

Meistens erhält man die schraubenförmige Höhle dadurch, daß man Bretstück an Bretstück schraubenförmig zusammensetzt. Um den so entstehenden schraubenförmigen Kanal wird dann ein ringsum anpassender hohler Cylinder gelegt, der sich aus einzelnen Leisten zusammensetzen läßt, welche man durch Ringe fest an einander preßt. Dieser äußere Cylinder wird Mantel genannt.

§. 156.

Zum besten Effekt der Maschine gehört, daß sowohl die Größe des Winkels, den die Spindel mit einer Horizontallinie macht, als auch der Neigungswinkel jedes Schraubengangs gegen einen Kreisumfang der Spindel genau bestimmt ist. Bey den sehr wirksamen holländischen Wasserschrauben nimmt man den Neigungswinkel der Spindel gegen den Horizont zu 71 ¹ Grad, den Neigungswinkel der Schraubenlinie mit einem Kreisumfange zu 12 Grad an. Im Allgemeinen sollte jener Winkel immer zwischen 60 bis 72 Grad, dieser zwischen 12 bis 15 Grad fallen.

Bleibt bey Umdrehung der Maschine die untere Mündung der Röhre stets unter Wasser, so muß auf die obere Mündung der Druck der Atmosphäre mit einer Kraft wirken, welche dem Gewicht einer Wassersäule

von 30 bis 32 Fuß gleich ist. Die bewegende Kraft muß also groß genug seyn, auch diesen Druck mit überwinden zu können. Läßt aber die bewegende Kraft einmal im mindesten nach, so drängt die äußere atmosphärische Luft das Wasser beynahe ganz bis unten hin zurück und füllt mit sich selbst alle obern Schraubengänge an. Dies Eindringen der Luft dauert nun so fort und verzögert die aufwärts gehende Bewegung des Wassers ausserordentlich.

Diese Unvollkommenheit findet in geringerem Grade statt, wenn ein Theil der schöpfenden Mündung der Röhre über dem Wasserspiegel hervortritt. Besser ist es aber auf jeden Fall, den Einfluß des Drucks der Luft auf die Wirkung der Maschine ganz zu entfernen, wie es bey den neuern holländischen Wasserschrauben geschieht. Man denke sich um einen Cylinder (die Schraubenspindel) einen schraubenförmigen offenen Kanal gewunden, dem die Oberfläche des Cylinders zum Boden dient, ferner denke man sich um den Cylinder und die Schraube einen zweyten weitern Cylinder, der aber nur die Hälfte des innern Cylinders und des Schraubenganges bedeckt; so hat man einen Begriff von der holländischen Wasserschraube, welche, gewöhnlich durch Windflügel umgedreht, unter dem Namen Tonnenmühle zur Austrocknung von Sümpfen dient.

Weil das Wasser mit der Wasserschnecke auf keine bedeutende Höhe gehoben werden kann, so müßten da, wo man es mit ihnen höher emporbringen will, mehrere Schnecken über einander geordnet werden. Bey der Bewegung der Maschine durch Pferde, Windflügel, Wasserräder, etc. ist die Verbindung eines gezahnten Rades und Getriebes mit der Spindel oder eines Vorlegewerks unvermeidlich.

V.

Der hydraulische Widder und ähnliche Maschinen.

§. 157.

Eine höchst merkwürdige, sehr wirksame und einfache, vor 20 Jahren von den Franzosen Montgolfier und Argand erfundene Wasserhebmaschine, die aber fliessendes Wasser voraussetzt, ist der hydraulische Widder oder hydraulische Stößer, womit man das Wasser schon über 100 Fuß hoch emporgehoben hat. Eine horizontale Röhre *ab* Fig. 6. Taf. IV., welche in den Strom eines Flusses gesenkt wird, hält auf sich eine vertikale (oder auch geneigte) Röhre *cd* fest, welche oft weit über der Oberfläche des Wassers hervorragt. Jene ist die Durchflußröhre, diese die Steigröhre. Letztere schafft das Wasser an die benöthigten Stellen. Beyde aber sind mit Klappenventilen *e* und *f* versehen, die sich leicht öffnen und leicht schließen. Strömt z. B. das Wasser nach der Richtung des Pfeils, von *a* nach *b*, in die Durchflußröhre, so wird es aus hydrostatischen Gründen (§. 87.) ohne Ventil so weit in die Steigröhre hinauftreten, daß es darin mit dem äußern Wasser des Stroms auf gleicher Höhe sich befindet. Wäre nun die um ein Gewinde leicht bewegliche Einhaltsklappe *e* nicht da, so würde das strömende Wasser durch die Röhre hindurchlaufen und ohne weitere Wirkung in beständig fließender Bewegung bleiben. Aber die Klappe *e* verhindert dies. Weil nämlich das Wasser mit zunehmender Stärke gegen sie stößt, so reißt es dieselbe so zurück gegen einen in der Röhre angebrachten Absatz, daß sich das Wasser selbst den Durchgang

durch den hintern Theil *b* der Röhre versperrt. So wird es plötzlich in seinem Laufe gehemmt. Dies hebt aber sein Bestreben fortzuströmen nicht auf, woraus gleichsam eine Anhäufung von Kräften erwächst, die auf alle Seiten der Röhre hinwirken. Blos die Aufsteigeklappe *f* kann diesen Kräften nachgeben; sie öffnet sich auch bald und läßt das Wasser hindurch, welches nun in der Röhre *c d* höher zu stehen kommt, als das äußere Wasser in dem Flusse. Nach dem ersten Stoße, welcher Wasser in die Steigröhre treibt, schließt sich die Klappe *f* wieder, weil das Wasser auf einen Augenblick in Ruhe kommt. Auch die Klappe *e* fällt wieder herab, bleibt aber vermöge eines mit ihr und der Röhre verbundenen Hakens in schiefer Stellung liegen, um durch die nachfolgende Bewegung des Wassers, weil Stoß auf Stoß folgt, wieder leicht verschlossen werden zu können. Wenn nun das Wasser auch nur auf einen Augenblick wieder einen Ausgang durch *e* findet, so geräth es auch gleich wieder auf einen Augenblick in Bewegung. Es stößt wieder an die Einhaltsklappe *e* und verschließt sie; dafür öffnet es aber auch wieder die Aufsteigeklappe *f* und tritt abermals in die Steigröhre, wo schon der erste Theil Wasser sich befindet. Auf diese Art steigt das Wasser bey fortgesetztem Spiel der Maschine immer höher und höher in der Steigröhre empor und kommt so oben bald zum Ausguß. — Bringt man über der Klappe *f* einen kleinen Windkessel (§. 123.) an, so verschafft man dadurch der Steigröhre einen ununterbrochenen Ausguß.

Der stoßenden Bewegung des Wassers in der Maschine hat letztere ihren Namen zu verdanken. Ihre

Wirksamkeit ist groß. Montgolfier behauptet, mit dieser Maschine das Wasser über 1400 Fuß in die Höhe schaffen zu können. Ihre Einfachheit leuchtet in die Augen; sie hat zu ihrem Spiel keine Menschenhände nöthig; sie arbeitet gleichsam von selbst. Um sie in Thätigkeit zu setzen, braucht man sie nur in fließendes Wasser zu legen, und zwar nur ein wenig unter den Wasserspiegel, damit Gras und andere schwimmende Körper nicht hineintreten und nicht, indem sie sich zwischen die Ventile klemmen, das Spiel unterbrechen. Auf dem Boden des Wassers befestigt man die Durchflußröhre. In dieser Absicht können mehrere eiserne Ringe mit starken und spitzigen eisernen Füßen (Stacheln) um sie herumgehen. Diese drückt man fest in den Boden ein. — Die Länge der Steigröhre richtet sich begreiflich nach der Höhe, bis zu welcher man das Wasser emporbringen will.

Zur Wiesenwässerung ist der hydraulische Widder hauptsächlich empfohlen worden. Aber auch zu andern Zwecken, wo Wasser hoch emporgehoben werden soll, z. B. zu hydrostatischen Springbrunnen, zur Führung des Wassers in hohe Gebäude ꝛc. kann er oft nützlich gebraucht werden.

§. 158.

Die alte Wasserzange oder Wasserkuppe hat manche Aehnlichkeit mit dem hydraulischen Widder, ist aber bey weitem nicht so wirksam, obgleich sie auch in stehendem Wasser gebraucht werden kann. Ein viereckigter bodenloser Kasten hat auf seiner Decke eine vertikale Röhre, deren innerer Raum mit dem inneren Raume des Kastens communicirt. Unten in der Röhre

sitzt eine Klappe, welche sich aufwärts öffnen kann. In dem Kasten läßt sich ein Boden an einem langen über dem Kasten hervorragenden Hebel so auf- und nieder bewegen, daß nur der nöthige Spielraum zwischen seinen Rändern und den Wänden des Kastens bleibt. In dem beweglichen Boden sitzt gleichfalls eine aufwärts sich öffnende Klappe. Wird nun der Kasten in Wasser gestellt und der bewegliche Boden mittelst des Hebels zum Niedergange gebracht, so drängt sich das Wasser durch die Klappe. Beym Aufwärtsziehen des Bodens aber hebt man das darüber befindliche Wasser in die vertikale Röhre. Ueber der Klappe der Röhre bleibt das Wasser so lange stehen, bis neues Wasser dazu kommt. So bringt man, durch fortgesetztes Niederschlagen und Aufwärtsziehen des Bodens, das Wasser immer höher in die Röhre hinauf, wo es oben bald zum Ausgusse kommt. — Das beschwerliche in der Bewegungsart dieser Maschine leuchtet in die Augen.

Die Zickzackmaschine besteht aus einer im Zickzack gebogenen Röhre, die oben so zwischen einem Rahmen hängt, daß sie wie ein Pendel hin und her bewegt werden und die untere Mündung Wasser schöpfen kann, wenn sie durch dasselbe hin und her geführt wird. In den Winkeln dieser (aus geraden Röhrstücken zusammengesetzten) Röhre sind Klappen (oder andere Ventile) angebracht, die sich aufwärts öffnen. Durch die Schwingungen wird das Wasser in den Zickzack hinauf getrieben; es stößt die Ventile auf, steigt über dieselben und kommt so immer höher und höher bis oben hin zur Mündung, die es in eine Rinne wirft.

Außer den bisher aufgeführten hydraulischen Maschinen und außer den Hebschaufeln, Schwungschaufeln, hydraulischen Pendeln, Wurfrädern u. dgl. giebt es noch manche andere ähnliche, wie man sie zum Theil in meiner Encyclopädie des Maschinenwesens, in dem Magazin der Erfindungen rc. beschrieben und abgebildet findet.

VI.

Die Saug- und Druckwerke.

§. 159.

Wenn über einer Wasserfläche ein luftleerer Raum entsteht, so steigt das Wasser augenblicklich in diesen Raum bis zu einer Höhe von 30 bis 32 Fuß, oder vielmehr wird es durch den Druck der äußern Luft in den Raum hineingepreßt (§. 124 f.) Gesetzt, eine Röhre *ab* Fig. 7. Taf. IV. stehe mit ihrer untern Mündung unter Wasser und in der Röhre lasse sich ein an die innere Wand genau anschließender mit Leder umgebener (geliederter) Cylinder oder Kolben *b* an einer Stange *b c*, der Kolbenstange, auf und nieder bewegen; gesetzt ferner, unten in der Röhre befinde sich ein Ventil (ein Klappenventil oder ein Kegelventil), welches sich aufwärts öffnet, und ein eben solches Ventil befinde sich auch in dem Kolben *b*. Steht nun der Kolben *b* unten so nahe wie möglich an dem Ventile und an der Wasserfläche, und man zieht ihn durch Hülfe der Kolbenstange, etwa bis *f* in die Höhe, so bildet sich unter ihm ein luftleerer (oder doch ein beynahe luftleerer) Raum, in welchen augenblicklich das Wasser durch den Druck der äußern Luft hineingepreßt wird. Stößt man dann den Kolben wieder hin-

unter, so kann das Wasser nicht wieder durch das Bodenventil *a* zurück; dafür öffnet sich aber durch den Andrang gegen die eingeschlossene Wassersäule das Kolbenventil *b* und läßt das Wasser über den Kolben treten. Zieht man den Kolben wieder hinauf, so dringt wieder wie vorhin Wasser hinter ihm her in die Röhre, welches beym Hinunterdrücken des Kolbens ebenfalls durch die Ventilöffnung über den Kolben tritt. So wird nach wenigen Zügen die Wassersäule über dem Kolben immer höher steigen und bald oben bey *b* zum Ausguß kommen.

Man nennt diese Wirkung des Wasser-Emporsteigens Saugen oder Sucken, die Vorrichtung selbst ein Saugwerk, eine Saugpumpe oder gemeine Pumpe. Gießt sie gleich über der Kolbenröhre *a b* aus, so heißt sie in der Bergmannssprache ein niedriger Satz. Ist sie aber über der Kolbenröhre noch mit einer Aufsatzröhre von beträchtlicher Höhe versehen, so heißt sie hoher Satz oder vereinbartes Saug- und Hebewerk. Gewöhnlich steht nicht die Kolbenröhre selbst im Wasser, sondern an ihr sitzt noch eine besondere Röhre, die Saugröhre, deren Mündung stets unter Wasser seyn muß.

§. 160.

Sowohl niedrige, als hohe Sätze sieht man oft in Brunnen, in Schächten und in allerley Wasserbehältern, auf Schiffen rc. angewandt, wo sie, wie z. B. bey den gewöhnlichen Pumpbrunnen, in Bergwerken, auf Salzwerken rc., das Wasser emporsaugen und oben ausgießen. Bey den gewöhnlichen Handpumpen, welche

mit der Hand betrieben werden, ist die Kolbenstange *b c* mit einem Schwengel *c d e* verbunden. Dieser, um den Punkt *d* beweglich, hat die Gestalt eines Winkelhebels; zieht man *e* mit der Hand hin und her, so geht *b c* mit dem Kolben auf und nieder.

Auf Berg- und Salzwerken, wo oft sehr viele Pumpen in Thätigkeit zu setzen sind, erhalten die Kolbenstangen, Kunststangen genannt, ihre Bewegung gewöhnlich durch Kräfte lebloser Wesen (z. B. durch Wasser, Wind oder Wasserdampf) mittelst eines Zwischengeschirres, indem die Kolbenstangen mit ihren obern Enden *c* an Waagbäumen (Balanciers) oder an Kunstkreuzen hängen, die (nach §. 77 f.) von Stangenkünsten zum Hin- und Her- oder Auf- und Niederwiegen gebracht werden, wenn sie nicht unmittelbar mit dem Krummzapfen des Wasserrades (des Kunstrades) oder einer Flügelwelle rc. in Verbindung gebracht sind. In England machen gar häufig Dampfmaschinen die bewegende Kraft aus. Aber auch die Wassersäulenmaschine, namentlich die von Höll zu Schemnitz in Ungarn verbessert, kann in Bergwerken oft mit großem Nutzen zur Betreibung der Pumpwerke gebraucht werden. Eine hohe Wassersäule (§. 88 f.) drückt einen Pumpen-Kolben der Maschine hinauf; durch Ablassen des Wassers unter dem Kolben mittelst eines Hahns sinkt der Kolben wieder nieder; u. s. w.

Hat der Kolben seinen niedrigsten Stand in der Kolbenröhre, so ist zwischen seiner untern Fläche und der Wasserfläche gewöhnlich noch ein Raum mit Luft. Man nennt ihn schädlichen Raum, macht ihn aber für das Pumpen unschädlich, wenn man vor dem Anlassen der Maschine in

die Kolbenröhre von oben und durch das aufgehobene Kolbenventil so viel Wasser eingießt, daß keine Luft mehr in der Röhre bleiben kann. — Hat die Maschine etwas stillgestanden, so gießt man auch etwas Wasser in die Kolbenröhre, um das trocken und steif gewordene Leder an dem Kolben und an den Ventilen wieder aufzufrischen und zu erweichen.

§. 161.

Begreiflich gießt ein einfaches Saugwerk nur während des Kolben-Hubs Wasser aus. Soll es auch beym Niedergange des Kolbens so viel Wasser geben, wie beym Aufgange, so muß der Raum der ins Wasser tretenden Kolbenstange beym tiefsten Kolbenstande halb so groß, als der Kolbenhub seyn. Gewinnt man durch diese Maaßregel auch nichts an der gesammten Wassermenge während eines Kolbenspiels, (weil nun der Kolbenhub eben so viel weniger giebt, als man durch den Kolbenschub gewinnt), so wirkt doch die Kraft jetzt gleichförmiger beym ganzen Kolbenspiele.

Am sichersten erlangt man eine gleichförmige Wirkung, wenn man (nach §. 77.) ein Paar oder mehrere Paare Pumpen so mit einander verbindet, daß die Hälfte aller Kolben zu derselben Zeit einen Hub thut, während die andere Hälfte einen Schub verrichtet. Der Nutzen einer solchen Gleichförmigkeit wird hauptsächlich aus folgenden Betrachtungen hervorleuchten.

Es ist leicht einzusehen, daß die zum Hub erforderliche Kraft am Kolben dem Gewicht einer Wassersäule gleich seyn muß, welche die Höhe der Ausgußröhre über dem Wasserspiegel zur Höhe und den Querschnitt des Stiefels (oder die Basis des Kolbens) zur Grundfläche hat. Dazu kommt nur noch das Gewicht und

die Reibung des Kolbens. Setzt man die Kraft $= V$, den Querschnitt des Stiefels $= b$, die Höhe der Ausgußröhre über den Wasserspiegel $= h$, das Gewicht des Kolbens $= p$, seine Reibung $= f$; so ist

$$V = b \,.\, h + p + f.$$

Beym Niedergange des Kolbens, wo das Kolbenventil geöffnet ist, hat die Kraft blos die Reibung des Kolbens und den Widerstand des Wassers gegen seine ringförmige Grundfläche zu überwinden. Dieser Widerstand ist desto geringer, je kleiner die Geschwindigkeit des Kolbens und je größer die Oeffnung seines Ventils ist. Die anzuwendende Kraft ist demnach beym Niedergange des Kolbens beträchtlich geringer als beym Aufgange; sie ist $= f - p$, weil ihr das Gewicht des Kolbens zu Hülfe kommt. Obige Anordnung der Pumpen bewirkt hierin eine ziemliche Gleichförmigkeit.

§. 162.

Daß der höchste Stand des Kolbens über der Wasserfläche immer geringer als 32 Fuß seyn muß, ist (aus §. 125.) leicht einzusehen. Will man daher mit einfachen Saugpumpen das Wasser höher als 32 Fuß emporbringen, so muß man mehrere Pumpen, sogenannte Repetirpumpen oder Wiederholungspumpen über einander anbringen, wovon die eine der andern das Wasser zuhebt. Die unterste gießt ihr Wasser in einen Behälter aus, worin eine zweyte Pumpe steht, welche das Wasser in den Behälter der dritten Pumpe hebt; u. s. w. So müssen Pumpen in Bergwerken das Wasser oft ein Paar hundert Lachter hoch emporheben. Indessen wendet man in Bergwerken oft

Saugwerke an, wovon jede einzelne Pumpe das Wasser 60, 70 und mehrere Fuß hoch emporschafft. Diese Saugwerke sind die sogenannten hohen Sätze, bey welchen nur Kraft genug da seyn muß, um die über den Kolben gebrachte hohe Wassersäule heben zu können. Es ist dann nämlich noch ein Aufsatzrohr oder Steigrohr von gehöriger Länge oben mit der Kolbenröhre verbunden. Dieses Aufsatzrohr hat oben einen Ausguß.

In den englischen Kunstsätzen wendet man jetzt fast durchgehends eiserne Röhren an. Die Saugröhren macht man selten länger als 12 bis 14 Fuß. Man giebt ihnen gleiche Weite mit der Kolbenröhre (dem Stiefel); oder höchstens macht man sie nur ein Paar Zoll enger. Die Aufsatzröhren aber, deren Höhe 60 bis 120 Fuß beträgt, sind ein Paar Zoll weiter gebohrt, als die Kolbenröhren. Die Länge der Kolbenzüge (des Hubs sowohl, als des Schubs) geht von 5 bis 10 Fuß, und die Anzahl derselben in einer Minute von 10 bis 20.

Der Effekt einer Saugpumpe fällt bey ungeänderter Kraft desto vortheilhafter aus, je größer und schneller der Kolbenhub ist. Der Kolbenhub kann aber bey einerley Kraft desto größer und schneller seyn, je weniger Widerstand das Wasser in der Saugröhre und in den Ventilen findet, und mit je größerer Kraft es gegen die untere Grundfläche des Kolbens stößt. Enge und hohe Saugröhren bey kurzen und weiten Stiefeln sind daher nicht vortheilhaft.

§. 163.

Die Ventile spielen bey den Pumpwerken eine sehr wichtige Rolle. Ein Ventil überhaupt ist jede

Vorrichtung, wodurch man einer Flüssigkeit in einer Röhre oder in sonst einer Oeffnung nach einer Richtung einen Durchgang verstattet, und nach der andern entgegengesetzten den Rückweg abschließt. Die Ventile öffnen und schließen sich daher wechselsweise bey der Bewegung von Flüssigkeiten unter und über ihnen. Bey Wasserpumpen wendet man am meisten Klappenventile, Kegelventile und Kugelventile an. Muschelventile sind seltener. Scheibenventile gebraucht man nur bey einigen Arten von Kolben. Das Klappenventil besteht in der Hauptsache aus einer an einem Lederstreifen über der Oeffnung beweglichen scheibenförmigen unten mit Leder bezogenen eisernen oder hölzernen und im letzten Falle mit etwas Bley beschwerten Klappe, welche eine Oeffnung bedeckt; das Kegelventil aus einem massiven abgestutzten meistens messingenen Kegel, der in eine kegelförmige Höhlung so einpaßt, daß er auch mit der größten Gewalt nicht durch die Oeffnung hindurchgepreßt werden kann; das Kugelventil aus einer Kugel, welche in eine kugelförmige Höhlung eben so einpaßt, als jener kegelförmige Körper in die kegelförmige Höhlung. Eine ähnliche Bewandniß hat es mit dem Muschelventile. Das Scheibenventil besteht aus einer mit mehreren Löchern versehenen Metallscheibe, worauf eine dicht an die Röhrenwand anschließende Lederscheibe liegt, welche von unten durch die Flüssigkeit am Rande emporgehoben werden kann, von oben aber fest an die Metallscheibe sich anpreßt. — Blasenventile und Quecksilberventile wendet man nur bey Luftpumpen und überhaupt bey solchen Maschinen an, wo eine Luftart die drückende Flüssigkeit ist.

Die Kolben macht man gewöhnlich von Eisen. Statt der gewöhnlichen Liederung umgiebt man ihn auch wohl mit einem hölzernen durch eine Spiralfeder angedrückten Kranze. In den englischen Saugwerken, woran man überhaupt so manche vortheilhafte Einrichtungen sieht, haben sie nach unten zu die Gestalt eines abgekürzten Kegels. — Scheibenkolben nennt man diejenigen mit dem Scheibenventile. Sie haben ein geringeres Gewicht, als die übrigen.

§. 166.

Druckwerke nennt man diejenigen Pumpen, welche Wasser blos durch einen gewaltsamen Druck in die Höhe treiben. Tritt Wasser in eine Röhre und preßt man dies mit einem soliden Kolben zu einer eigenen Oeffnung der Röhre heraus oder durch eine besondere Steigröhre empor, so hat man ein Druckwerk. Die atmosphärische Luft hat mit einem solchen einfachen Druckwerke nichts zu schaffen.

Bloße einfache Druckwerke kommen selten vor. In den meisten Fällen ist das Druckwerk zugleich mit einem Saugwerke verbunden, und dann heißt die Maschine ein vereinbartes Saug- und Druckwerk, wie Fig. 8. Taf. IV. ein solches vorstellt. Ein dichter Kolben q bewegt sich in der Röhre AB, dem Stiefel, auf und nieder, wenn der untere Theil A dieser Röhre in Wasser steht. Unten in der Röhre befindet sich ein Ventil p, welches sich von unten nach oben zu öffnet. Zur Seite der Kolbenröhre bey C geht eine andere Röhre, die Steigröhre, in die Höhe, welche gleichfalls, bey r, ein Ventil hat. Steht der Kolben q unten nahe am Bodenventile p und man zieht ihn in die Höhe, so saugt er, d. h. die äußere atmosphärische Luft treibt

Wasser durch die Ventilöffnung *p* in den luftleeren Raum unter den Kolben; preßt man aber den Kolben nieder, so drückt er das unter ihm befindliche Wasser in die Steigröhre, und preßt es in derselben empor, wo es dann oben bey *D* zum Ausguß kommt. Zurück kann die hinaufgepreßte Wassersäule nicht wieder, weil das Ventil *r* dieß verhindert. Kömmt das Wasser auch nicht gleich bey dem ersten Kolbenschube oben bey *D* zum Ausguß, so geschieht es doch bey dem zweyten, oder dritten, u. s. w. Es beruht dies, so wie überhaupt die Höhe, zu welcher das Wasser in der Steigröhre hinaufgedrückt werden kann, auf dem Verhältniß der Weite der Steigröhre zu der Kolbenröhre (nach §. 89.) und auf der Größe des Kolbenschubs. Je enger unter sonst gleichen Umständen die Steigröhre ist, desto höher wird das Wasser von einerley Kolbenschub in der Steigröhre hinaufgetrieben, desto dünner ist aber auch der jedesmal ausgießende Wasserstrahl.

Sehr nützlich ist es, den untern Theil der Kolbenröhre (oder auch einer eignen Saugröhre) durch eine siebartige Vorrichtung zu verschließen, damit blos Wasser in die Röhre komme, und Stroh, Schlamm oder anderer Unrath abgehalten werde.

§. 167.

Begreiflich gießt das Wasser bey *D* nur absatzweise das Wasser aus, nämlich bey jedesmaligem Schub des Kolbens. Soll es ununterbrochen ausgießen, so muß man einen Windkessel oder Luftkessel mit der Kolbenröhre und Steigröhre, wie Fig. 9., verbinden.

Der Windkessel C ist ein starkes gewölbtes Behältniß aus Kupfer oder geschmeidigem Eisen, welches auf folgende Art zwischen die Kolbenröhre und Steigröhre gesetzt wird. Eine kurze Seitenröhre oder Knieröhre r verbindet den Windkessel C mit der Kolbenröhre an einer Stelle nahe bey dem Ventile p. Unten von dem Windkessel aus geht die Steigröhre in die Höhe. Wenn nun der Kolben q in dem Stiefel (wie §. 166.) auf- und nieder bewegt wird, so treibt man das durch die Ventilöffnung p in den Stiefel eingedrungene Wasser in den Windkessel, indem das Ventil r den Eingang des Wassers in denselben, aber nicht den Rückweg, verstattet. Das in C eingetretene Wasser preßt die darin befindliche Luft zusammen und zwar immer stärker und stärker, je mehr Wasser in den Windkessel tritt. Soll die Luft erst bis zu einem gewissen Grade zusammengepreßt werden, so muß man die Steigröhre so lange verschließen, z. B. durch einen bey y angebrachten Hahn. Oeffnet man hernach den Hahn, so steigt das Wasser aus dem Windkessel rasch in der Steigröhre empor und kommt oben zum Ausguß. Das Ausgießen des Wassers dauert nun so lange ununterbrochen und mit gleicher Stärke fort, so lange das Kolbenspiel mit gleicher Geschwindigkeit fortdauert. — Daß die Wirkung beschleunigt wird, wenn man, statt eines Stiefels, zwey nimmt, ist leicht einzusehen. Während der eine Stiefel saugt, drückt der andere.

Die Elasticität (oder ausdehnende Kraft) der in dem Windkessel eingesperrten zusammengepreßten Luft ist es nämlich, welche das Wasser in der Steigröhre hinauftreibt. Die Luft will sich wieder ausbreiten,

kann es nicht und wirkt nun mit ihrer ausdehnenden Kraft auf das unter derselben befindliche Wasser, welches begreiflich keinen andern Weg, als in die Steigröhre hinauf nehmen kann.

Es giebt Druckwerke mit stehenden und Druckwerke mit liegenden Stiefeln. Die Feuerspritzen sind Druckwerke von ersterer Art. Zu andern Zwecken zieht man die Druckwerke mit liegenden Stiefeln vor. Bey einem doppelten Saug- und Druckwerke müssen beyde Kolben während des Auf- und Niedergangs sich gleich schnell bewegen, und die Geschwindigkeit der Kolben darf nicht grösser seyn, als daß das Wasser dem aufsteigenden Kolben durch die Saugröhre stets folgen kann. Je weiter Saug- und Steigröhre ist, desto weniger Widerstand leistet jede von ihnen der Bewegung des Wassers. Daher ist es am vortheilhaftesten, sie so weit zu machen, als es der Schluß der Ventile erlaubt.

§. 168.

Will man bey einem vereinbarten Saug- und Druckwerke ohne Windkessel die zur Betreibung erforderliche Kraft bestimmen, so muß man die Geschwindigkeit der Kolben, die Durchmesser und die Längen der Saug- und Steigröhre, die Höhe des höchsten Kolbenstandes über dem Wasserspiegel und die Höhe der Ausgußmündung über der tiefsten Kolbenstange in Erfahrung gebracht haben. Alsdann bestimmt man erst (nach §. 161.) die zum Saugwerk gehörige Kraft und hierauf die zum Druckwerk gehörige. Denkt man sich in letzterer Absicht über dem Kolben, als Grundfläche, eine Wassersäule, deren Höhe der Höhe der Ausgußmündung des Steigrohrs über dem Kolben gleich ist, so hält diese Säule dem Gewicht des Wassers in der Steigröhre das Gleich-

gewicht. Eben so groß muß nun die Kraft am Kolben für den Zustand des Gleichgewichts seyn. Bey der Bewegung des Kolbens aber kommt noch die Kraft hinzu, welche seine Reibung und Trägheit überwältigen muß, so wie diejenige, welche erforderlich ist, dem Wasser in der Steigröhre die erlangte Geschwindigkeit zu geben. Die letzte Kraft zu bestimmen, braucht man nur die Steigröhre als eine Röhrenleitung von gegebener Länge und gegebenem Durchmesser anzusehen, zu deren Geschwindigkeit man die gehörige Druckhöhe sucht. Hierbey wird freylich vorausgesetzt, daß die Ventilöffnung wenigstens eben so weit, als die Steigröhre sey; wo nicht, so muß der Widerstand derselben noch besonders in Rechnung gebracht werden.

Hat die Maschine einen Windkessel, so braucht die bewegende Kraft an dem Kolben nicht größer zu seyn, als ohne den Windkessel, vielmehr verringert die letzte Einrichtung die Kraft noch, weil der Widerstand, den das Wasser in der Steigröhre findet, bey einer gleichförmigen Geschwindigkeit geringer ist, als wenn es sich stoßweise bald schneller, bald langsamer bewegen muß.

Bey einem doppelten Druckwerke braucht man nur die Geschwindigkeit des Kolbens mit seiner Grundfläche zu multipliciren, um die in einer Sekunde geschobene Wassermenge zu finden. Bey einem einfachen muß man die Größe eines Kolbenschubs durch die Zeit eines Hin- und Herganges des Kolbens dividiren, um die Wassermenge in einer Sekunde zu erhalten.

VII.

Heber, Stoßröhre und Saugschwungmaschine.

§. 169.

Der Heber (§. 125.) kann da als eine sehr einfache und wirksame Maschine angewendet werden, wo das Wasser nicht über 30 Fuß emporzuheben ist. In diesem Falle kann man damit das Wasser bequem aus einem Behälter in einen andern tiefer liegenden überführen, wenn man nur auch dafür sorgt, daß das Ende des in diesen Behälter herabhängenden Schenkels tief genug liegt. In dem Knie eines solchen großen Hebers muß eine verschließbare Oeffnung seyn, durch welche man beyde Schenkel des Hebers füllen kann, nachdem man die Mündungen dieser Schenkel (etwa mit Schiebern) verschlossen hatte. Ist der Heber einmal voll, und man öffnet erst die Mündung des in dem auszuleerenden Behälter liegenden Schenkels, hierauf auch die andere Mündung, so läuft er und kann, wenn letztere Mündung immer tiefer liegt als jene, alles Wasser des Behälters nach andern Stellen sehr schnell hinüberführen.

Stoßröhre nenne ich eine ohngefähr 30 Fuß lange oben und unten offene Röhre, deren obere Mündung ein aufwärts sich öffnendes Ventil enthält. Wird diese Röhre im Wasser auf- und niederbewegt (wozu man Däumlinge einer Welle, eine elliptische Scheibe, einen gezähnten Rahmen u. d. gl. anwenden könnte), so schafft sie schnell eine große Quantität Wasser in die Höhe. Ihre obere Mündung muß nur zur Aufnahme des aufgeförderten Wassers mit einem kreisförmigen geräumigen Behälter verbunden seyn, von welchem aus

das Wasser durch Oeffnungen zu seinem Zwecke weiter geführt werden kann.

§. 170.

Außer dem Heber und der Stoßröhre, welche dem Saugen (dem luftleeren Raume und dem Drucke der äußern Atmosphäre) ihre Wirkung verdanken, gehört zu dieser Art von Wasserhebmaschinen vorzüglich noch die Saugschwungmaschine des Langsdorf. Eine Saugröhre von beliebiger Weite, die unten ein Bodenventil hat, läßt sich auf Zapfen eben so um eine lothrechte Achse drehen, wie ein vertikaler Wellbaum. Unten steht sie im Wasser; sie hat da zum Eintreten des Wassers eine Oeffnung. Oben sind mit ihr zwey gleich lange horizontale Röhren, gleichsam als Arme verbunden. Der innere Raum dieser Röhren communicirt mit dem innern Raume jener Saugröhre. Jede von den beyden armförmigen Röhren, die man Schwungröhren nennen kann, hat eine Seitenöffnung, die bey der einen nach derselben Gegend hingeht, wie bey der andern. Oben hat die Saugröhre gleichfalls eine Oeffnung zum Füllen der Saugröhre und der Schwungröhren. Durch Stopfen und Schraube läßt sich diese Oeffnung genau verschließen, so wie man auch die Seitenöffnungen der Schwungröhren mit Stopfen verschließen kann.

Hat man Saugröhre und Schwungröhren vermöge eines Trichters gefüllt, hierauf die Füllöffnung genau verschlossen und die Stopfen aus den Seitenöffnungen der Schwungröhren herausgezogen, so strömt das Wasser aus diesen Seitenöffnungen heraus und die ganze

Vorrichtung dreht sich vermöge der Reaktion (wie bey Segners Wasserrade) nach einer Richtung um, welche der Richtung des ausströmenden Wassers entgegengesetzt ist. Erst geht das Drehen langsam; wenn aber einmal die Trägheit überwunden ist, so geht es schneller und bald kommt die Maschine in einen gleichförmigen Gang. Für jede ausfließende Wassermenge schiebt sich (auf ähnliche Art wie bey dem Heber §. 169.) Wasser nach; für das nachgeschobene Wasser entstehen in der Saugröhre luftleere Räume, welche aber augenblicklich vom Wasser wieder ausgefüllt werden, das der Druck der äußern Luft hineinpreßt. So werden also die Röhren stets voll Wasser erhalten, das aus den Seitenöffnungen der Schwungröhren in eine kreisförmige Rinne fließen und von derselben durch andere Oeffnungen geradlinigt weiter geleitet werden kann.

Der rückwirkenden Kraft des Wassers, wodurch die Drehung geschieht, kann man durch ein Räderwerk zu Hülfe kommen, welches etwa durch eine Kurbel, oder durch ein Laufrad, oder durch Windflügel in Bewegung gesetzt wird. Die Saugröhre z. B. kann ein Getriebe enthalten, in welches ein Stirnrad eingreift, und an der lothrechten Welle des Stirnrades kann ein Getriebe befindlich seyn, welches von einem Kammrade herumgetrieben wird, an dessen horizontaler Welle die bewegende Kraft wirkt.

VIII.

Die Luftsäulenmaschine.

§. 171.

Eine eigenthümliche sehr sinnreiche Art von Wasserhebmaschinen, welche man mit Nutzen in einigen Bergwerken anwendet, ist die Luftsäulenmaschine des Höll zu Schemnitz in Ungarn. Ihre Wirkung gründet sich auf den Heronsbrunnen (§. 123.), womit sie im Ganzen einerley Einrichtung hat. In der Grube befinden sich zwey kesselartige Metallgefäße in gewisser Entfernung eines über dem andern. Beyde sind durch eine Röhre mit einander vereinigt, welche bis nahe an den Boden des untersten Gefäßes reicht. In das unterste Gefäß läuft das Grubenwasser aus einem eigenen Sammelbehälter mittelst einer Röhre; und in das oberste fällt Wasser durch eine Röhre von einer möglichst großen Höhe herab. Wenn letzteres geschieht, so wird dadurch die Luft in dem obersten Kessel gewaltsam zusammengepreßt. Dieser Druck theilt sich durch die zuerst genannte Verbindungsröhre der in dem untern Kessel eingeschlossenen Luft mit, welche nun wieder das in sich enthaltene Grubenwasser in beträchtlicher Menge zu einer eigenen Steigröhre, deren untere Mündung nahe am Boden des Kessels, folglich immer unter Wasser ist, emportreibt. Die Steigröhre gießt das Wasser an dem gewählten Orte aus.

Zu dem Oeffnen und Schließen der in den Röhren befindlichen Hahnen sind besondere Kunstwärter angestellt, die genau auf das Spiel der Maschine achten müssen und die einander durch Zeichen ihre wechselseitigen

Verrichtungen zu erkennen geben. Aber auch eine Steuerung, läßt sich dabey anwenden, d. h. eine mechanische Vorrichtung, (wie bey den Dampfmaschinen), welche die Hahnen gleichsam von selbst auf- und zudreht.

Ausführlichere Belehrungen über die bisher beschriebene und mancherley andere Arten von Wasserhebmaschinen findet man in Leupolds, Calvörs, Cancrins, Karstens, Belidors, Pronys, Langsdorfs und Eytelweins bekannten Werken; auch in meiner Encyclopädie des Maschinenwesens (Art. Hydraulische Maschinen, Druckwerke, Saugwerke, Hydraulischer Widder rc.) Außerdem nenne ich hier noch:

N. Poda, Beschreibung und Berechnung der Luftmaschine, welche zu Schemnitz von Joseph Carl Höll erfunden und 1753 erbaut worden. Wien 1771. 8.

Desselben Beschreibung der bey dem Bergbaue zu Schemnitz in Nieder-Ungarn errichteten Maschinen. Prag 1771. 8.

J. Baader, vollständige Theorie der Saug- und Hebepumpen. Baireuth 1797. 4.

Dessen neue Vorschläge und Erfindungen zur Verbesserung der Wasserkünste rc. Baireuth 1800. 4.

D. Montfords Beschreibung des von Montgolfier erfundenen hydraulischen Widders, als der besten Bewässerungsmaschine. Leipzig 1804. 8.

J. A. Eytelwein, Bemerkungen über die Wirkung und vortheilhafteste Anwendung des Stoßhebers (hydraul. Widders), nebst einer Reihe von Versuchen mit dieser Wasserhebmaschine. Berlin 1805. 4.

Dritter Abschnitt.

Die Maschinen zum gewaltsamen Forttreiben des Wassers oder die Wasserspringwerke.

§. 172.

Zu einigem Behuf will man das Wasser nicht von Wänden eingeschlossen, sondern in einem freyen Strahle oder als eine freye Wassersäule senkrecht und schief in die Höhe bringen. Eine solche Wasserkunst unterscheidet man durch den Namen Springwerk von den übrigen Wasserhebvorrichtungen.

Der Zweck kann seyn, das Wasser zur Luft springend zu machen, um dadurch freye Plätze in Städten, Gartenanlagen u. d. gl. zu verschönern. Dies ist der Fall bey den Springbrunnen oder Fontainen. Oder man will mit dem schnellen Forttreiben eines langen Wasserstrahls etwas zum allgemeinen Besten bezwecken. Dies ist der Fall bey den Feuerspritzen. Nach diesen beyden Hauptzwecken kann man die Wasserspringwerke in Springbrunnen und in Feuerspritzen eintheilen.

I.

Die Springbrunnen.

§. 173.

Man kann die Springbrunnen eintheilen: in feste, unbewegliche, die ihre einmal angewiesene Stelle stets beybehalten, und in tragbare, bewegliche, welche sich von einer Stelle zur andern hinsetzen lassen. Zu ersteren gehören die hydrostatischen Springbrunnen, welche durch den natürlichen Druck

einer hohen Wassersäule springen (§. 88.) und diejenigen Druckwerke, welche durch die Gewalt eines Kolbens, mit oder ohne Beyhülfe eines Windkessels, das Wasser frey in die Luft emportreiben (§. 89. 166 f.). Zu den tragbaren Springbrunnen rechne ich den Heronsbrunnen (§. 123.) und den Lichterbrunnen (§. 127.). Aber auch andere Luftcompressionsbrunnen und hydrostatische Springbrunnen können tragbar seyn, um sie etwa in Zimmern springen zu lassen. — Indessen sollen hier nur jene großen festen Springbrunnen betrachtet werden, weil die andern doch nur zu physikalischen Experimenten dienen.

§. 174.

Wenn ein kurzes Röhrenstück mit einer längern Röhre oder mit einem höher liegenden Gefäße communicirt, so würde das Wasser (wie schon aus §. 88. bekannt ist), mit Beyseitesetzung aller Hindernisse, aus einer Oeffnung oben in dem vertikalen Röhrenstücke zu einer Höhe emporspringen, die der Höhe gleich ist, von welcher das Wasser herabdrückt. Aber von dem aus der Sprungöffnung herausfließenden Wasserstrahle fallen immer schon früher Theilchen zur Seite, die nicht mehr den Druck des nachfolgenden Wassers empfinden, und weil die Geschwindigkeit der steigenden Wassertheilchen nach den bekannten Gesetzen (§. 14 f.) abnimmt, so werden die folgenden immer etwas aufgehalten; auch drücken sie bey der Erreichung der größten Höhe die unter ihnen befindlichen durch das Bestreben, senkrecht herabzufallen, etwas zur Seite, wodurch gleichfalls die Höhe des Strahls sich etwas vermindert. Dazu kommt ferner noch der dem Strahle entgegenstrebende Wider-

stand der Luft, die Anhängung des Wassers an der innern Wand des Springrohrs, und die Reibung des Wassers in dem horizontalen Theile der Leitungsröhre (womit die vertikale Sprungröhre verbunden ist), besonders wenn dieser Theil eine bedeutende Länge besitzt. — Daher kann die Sprunghöhe nie der Druckhöhe gleich seyn; man kann sie derselben aber durch eine gute Einrichtung so nahe wie möglich bringen.

Kann man in einem auf einer Höhe liegenden Behälter Wasser sammlen, und führt man von diesem Behälter eine Röhrenleitung herunter bis an den Ort, wo das Wasser springen soll, verbindet man unten ein horizontales Röhrenstück mit jener Leitung und fügt man an dieses horizontale Röhrenstück ein kurzes senkrechtes oben mit einer engen Oeffnung (die sogenannte Sprungröhre), so hat man einen hydrostatischen Springbrunnen. — Gewöhnlich setzt man auf die Sprungröhre noch eine eigne kurze Aufsatzröhre.

Fig. 10. Taf. IV. zeigt die Verbindung der Röhrenleitung mit der Sprungröhre. Ein Bassin oder Becken von irgend einer Gestalt, und oft mit allerley Verzierungen versehen, umgiebt gewöhnlich diese Sprungröhre, um das niedersinkende Wasser wieder aufzufangen. Begreiflich muß das Bassin eine der Dicke des Strahls proportionirliche Weite und Tiefe haben, und mit demselben muß zur Verhütung des Ueberlaufens, eine Abflußröhre verbunden seyn.

§. 175.

Nach den Erfahrungen der geschicktesten Hydrauliker, von Mariotte an bis auf Bossût, Langsdorf und Andere, kommt der Strahl auf die größte Höhe, wenn

die Aufsatzröhre nicht wie gewöhnlich konisch ausgehöhlt ist, sondern bis an ihre Mündung gleiche Weite behält, wie die Sprungröhre, und wenn auf der Mündung blos eine Platte mit einer Oeffnung sich befindet, die sich zur Weite der Röhre wie 1 zu 6 verhält. Nach den Berechnungen und Erfahrungen jener Männer sind in folgender Tafel mehrere Strahlhöhen mit den dazu gehörigen Druckhöhen aufgestellt, welche sich auf die eben angeführte bessere Einrichtung der Absatzröhre beziehen.

Druckhöhe.	Zugehörige Fallhöhe.
$10\frac{1}{3}$	10
$15\frac{3}{4}$	15
$21\frac{1}{3}$	20
$27\frac{1}{12}$	25
33	30
$39\frac{1}{12}$	35
$45\frac{1}{3}$	40
$51\frac{3}{4}$	45
$58\frac{1}{3}$	50
$65\frac{1}{12}$	55
72	60
$79\frac{1}{12}$	65
$86\frac{1}{3}$	70
$93\frac{3}{4}$	75
$101\frac{1}{3}$	80
$109\frac{1}{12}$	85
117	90
$125\frac{1}{12}$	95
$133\frac{1}{3}$	100
168	120

Die Leitungsröhren dürfen nicht gar zu lang und nicht zu enge seyn, weil sonst das Wasser merklich an Geschwindigkeit verliert. Es ist immer gut, wenn man wenigstens das letzte Röhrenstück weiter als die übrige Röhrenleitung macht. Lenkt man den Strahl von der ganz lothrechten Richtung nur sehr wenig ab, so springt das Wasser (nach §. 174.) immer ein wenig höher, als sonst geschehen wäre.

§. 176.

Sollte der springende Wasserstrahl 3 oder mehr Zoll im Durchmesser betragen, so würde dazu eine gar zu bedeutende Wassermenge und eine Röhrenleitung von außerordentlicher Weite erfordert. Daher läßt man, um jenem Verlangen zu entsprechen, den Strahl lieber einen hohlen Wassercylinder bilden. Diese Absicht wird erfüllt, wenn man den Strahl nicht durch eine kreisförmige, sondern durch eine ringförmige Oeffnung steigen läßt.

Zuweilen bringt man neben der Sprungöffnung noch einige kleinere schräge Löcher, mit oder ohne Röhren an. So erhält man die Wassergarben mit dem in der Mitte gehenden Hauptstrahle. Auch schraubt man wohl solche Aufsätze oben an die Sprungröhre, wodurch herausschießende Strahlen die Gestalt eines Fächers, einer Windmühle ꝛc. bekommen. Aus Statuen, z. B. aus Neptunen, Nereiden, Syrenen ꝛc. so wie aus Felsenritzen, aus einem Grasboden ꝛc. läßt man ebenfalls nicht selten den Strahl herausspringen.

§. 177.

Daß Wasser mittelst der Druckwerke auf sehr große Höhen getrieben werden kann, ist (aus §. 89.

und 166 f.) leicht einzusehen. Es kommt nur darauf an, daß man zur Betreibung des Kolbens Kraft genug hat, und daß man zur Anwendungsart der Kraft das beste Mittel wählt.

Setzt man die Höhe, welche der springende Strahl erreichen soll, $= h$, die zur Geschwindigkeit des Strahls gehörige Druckhöhe $= H$, so ist nach der Mariotteschen von andern Hydraulikern durch Erfahrungen bestätigten Formel

$$H = h + \frac{h^2}{300}.$$

Hat man nun H gefunden, so sucht man das Gewicht einer Wassersäule, deren Grundfläche der Grundfläche des Kolbens und deren Höhe der Höhe H gleich ist. Eben so groß muß dann die Kraft am Kolben für den Zustand des Gleichgewichts seyn (§. 168.). Zur Ueberwältigung der Trägheit und der Reibung des Kolbens gehört freylich noch ein Ueberschuß.

Betrüge z. B. die Grundfläche des Kolbens (oder der Querschnitt des Stiefels) $\frac{1}{4}$ Quadratfuß $= 0,25$ Quadratfuß, und der Wasserstrahl sollte 60 Fuß hoch steigen, so wäre

$$H = 60 + \frac{60^2}{300} = 72 \text{ Fuß}.$$

Diese multiplicirt mit 0,25 geben 18 Kubikfuß, als den kubischen Inhalt einer Wassersäule, deren Gewicht der gegen den Kolben drückenden Kraft gleich ist. Nimmt man nun Pariser Maaß an und multiplicirt jene Anzahl von Kubikfußen mit 70 (dem Gewicht eines Kubikfußes Wasser), so erhielte man für die gesuchte Kraft 1260 Pfund.

Die größte von einem Druckwerke getriebene Fontaine sieht man zu Herrenhausen bey Hannover, welche ein Engländer Clifft unter Newtons Beystande im Jahr 1716 mit einem Aufwande von 300,000 Thalern angelegt hat. Fünf große unterschlächtige Wasserräder setzen mehrere mit einander vereinigte Druckwerke (ohne Windkessel) in Thätigkeit, wodurch nicht blos ein 120 Fuß hoher und 11 Zoll dicker springender Wasserstrahl erzeugt, sondern auch hauptsächlich die nach der Stadt Hannover führende Röhrenleitung mit dem nöthigen Wasser versorgt wird.

II.

Die Feuerspritzen.

§. 178.

Die Feuerspritze ist ein trag- oder fahrbares vereintes Saug- und Druckwerk (§. 166 f.), womit man Wasser in Gestalt eines freyen Strahls gegen brennende Körper treibt, um diese zu löschen. Es kommt also bey den Feuerspritzen darauf an, daß sie an jeder beliebigen Stelle, wo man sie hinbewegen (tragen oder fahren will) mit Wasser versorgt werden können.

Spritzen ohne Windkessel, welche das Wasser stoßweise fortdrücken, nennt man Stoßspritzen, Absetzspritzen. Solche Spritzen macht man jetzt wohl selten mehr. Die viel wirksamern Spritzen mit Windkesseln, die einen ununterbrochenen Strahl geben, nennt man Gußspritzen. Beyde Arten haben entweder einen oder zwey Stiefel. Die einstiefelichten Spritzen sind gewöhnlich nur tragbare oder Handspritzen. Die zweystiefelichten sind die eigentlichen größern Spritzen oder Fahrspritzen. Letztere sind entweder Stand-

rohrspritzen, wenn sie zum Ausspritzen des Wassers nur ein einziges mehrere Fuß langes nach verschiedenen Richtungen bewegliches Rohr (das Steigrohr, Standrohr) haben; oder Schlauchspritzen, Schlangenspritzen, wenn mit ihnen ein langer Schlauch (eine lederne oder hänfene Schlange) verbunden ist, woraus man den Strahl kann nach allen möglichen Richtungen hin ausspritzen lassen. Die Schlangen kann man durch enge Gänge, in den Häusern herum, auf Dächer, kurz fast überall hinführen, wo ein Feuer zu löschen ist.

§. 179.

Denkt man sich Fig. 8. Taf. IV. den untern Theil *A* des Stiefels in Wasser gestellt und *CD* als Standrohr oder als Schlauch, so hat man eine Absetzspritze, welche in Wirksamkeit kommt, sobald eine Kraft (z. B. die Hand mittelst eines Hebels) die Kolbenstange auf- und niederbewegt. Eben so wäre Fig. 9. eine Gußspritze oder eine Spritze mit dem Windkessel. Denkt man sich auf beyden Seiten des Windkessels einen Stiefel, wie *AB* Fig. 9. vermöge einer Knieröhre *r* mit dem Windkessel verbunden und die ganze Vorrichtung in einem Wasserkasten, dem sogenannten Spritzenkumm stehend, der wie ein Wagenkasten auf Rädern ruht, so hat man eine gewöhnliche doppelstiefelichte fahrbare Feuerspritze. *CD* kann dann die Standröhre oder die Schlange bedeuten, welche mit dem untern Theile des Windkessels verbunden ist. Die Kolbenstangen sind mit einem Hebel, dem Drücker oder Druckhebel (Druckschwengel, Druckbaum) verbunden, der über dem Apparate einen mit dem Gestelle ver-

bundenen Umdrehungspunkt hat. Dieser Druckhebel ist ein gleicharmiger Hebel der ersten Art. An seinen mit Handgriffen versehenen Enden arbeiten die Menschen, indem sie den Hebel abwechselnd emporheben und niederdrücken. Während das eine Ende mit der in einiger Entfernung von demselben herabhängenden Kolbenstange niedergedrückt wird, geht das andere Ende mit der Kolbenstange seines Arms in die Höhe. Es drückt also auch hier stets der eine Kolben, während der andere saugt.

§. 180.

In den Spritzenkumm (den Wasserkasten), worin die unten mit einem siebartigen Verschluß versehenen Stiefel stehen, wird das Wasser, welches die Maschine forttreiben soll, oft mit Eimern oder Kübeln hineingeschüttet. Oft macht man aber auch mit großem Vortheil von Zubringern Gebrauch, d. h. mit solchen Vorkehrungen, wodurch man die Spritzen bey Feuersgefahr auf eine Entfernung von tausend und mehreren Fußen hin leicht mit hinlänglichem Wasser versieht.

Die einfachsten Zubringer sind diejenigen, welche das Wasser durch seinen natürlichen Fall in den Spritzenkumm leiten. Könnte man an alle Spring- und Pumpbrunnen Schläuche anbringen, so würde man dadurch im Stande seyn, das Wasser durch seinen natürlichen Fall nach der Spritze hinzuleiten. Indessen hat es mit dem gebräuchlichsten Zubringer folgende Bewandniß.

Mit einer sehr einfachen Saugpumpe pumpt man das Wasser vermöge lederner Saugröhren aus einer Tiefe von 5 bis 6 Fuß (z. B. aus einem Flusse, oder aus einem sogenannten Nothbrunnen) in die Höhe,

und leitet es durch Schläuche der Feuerspritze zu bis in den Spritzenkumm. Ein hölzernes Gestelle, in Form eines Sägebocks, macht die Hauptstützpunkte für jenes Saugwerk aus. Von der einen Seite hängt die Saugröhre herab, welche mit ihrem untersten Ende ins Wasser reicht. Das Ende ist mit einer hohlen durchlöcherten kupfernen Kugel oder auch mit einem durchsichtig geflochtenen Korbe versehen, um keine Unreinigkeiten einzuziehen. Zugleich enthält es daselbst ein Stück Kork, damit Kugel oder Korb nicht untersinken. An dem obern Ende der Saugröhre ist ein Stiefel mit einem Bodenventile angeschraubt; der Stiefel selbst aber ist mit dem Gestelle so fest verbunden, daß man darin pumpen kann. Damit die lederne Röhre in unveränderlicher Rundung bleibe, so erhält sie inwendig lauter blechene Büchsen. Von Außen ist sie mit Segeltuch überzogen und mit Bindfaden umwunden, damit keine Luft hindurchstreichen könne. Mitten in dem Gestelle hängt der Schlauch mit seiner trichterförmigen Mündung. Er muß aber weiter von dieser Mündung hinweg noch immer so geräumig bleiben, wie die Saugröhre. — Durch das Pumpen steigt nun das Wasser in die Höhe, ergießt sich in den Schlauch und wird durch ihn der Spritze zugeführt.

Die besten Zubringer wären allerdings Druckwerke selbst, wozu man allenfalls auch alte Spritzen gebrauchen könnte.

§. 181.

An einer großen Feuerspritze, die durch 16 Mann betrieben wurde und als Musterspritze gelten könnte, waren die Dimensionen der wesentlichsten Theile folgende:

Die ganze Länge der Druckstange	11	Fuß	—	Zoll
Die Höhe der Stiefel im Lichten	1	=	7½	=
Die Weite der Stiefel im Lichten	—	=	6	=
Die Entfernung der Stiefel vom Mittel = = = = = = = =	1	=	2	=
Die Höhe des Kolbens = = =	—	=	4	=
Die Höhe des Kolbenzugs = =	—	=	10¾	=
Die Weite der Knieröhren zwischen Stiefel und Windkessel = = =	—	=	4	=
Die Weite der Ventilöffnung vor den Knieröhren, nicht unter =	—	=	3	=
Der Durchmesser des Windkessels	1	=	—	=
Die Höhe desselben = = = = = =	1	=	8	=
Der Durchmesser der Gußmündung	—	=	¾	=
— wenn aber eine lange Schlange gebraucht wird = = = =	—	=	$\frac{11}{12}$	=
Auch wohl = = = = = = = =	—	=	1	=

Die Wassermenge, welche diese Spritze in einer Minute giebt, ist beynahe 14 Kubikfuß. Wird von unten hinaufgespritzt, so steigt der Wasserstrahl in freyer Luft 76 bis 80 Fuß, aber durch eine Schlange von 60 bis 80 Fuß Länge, wenn das Rohr auf 40 bis 60 Fuß Höhe hinaufgezogen ist, wohl 96 bis 100 Fuß hoch. — Der Durchmesser des Schlauchs kann 2 bis 2½ Zoll betragen.

Eine besondere Art von Spritzen, die aber, wie es scheint, keine Anwendung gefunden hat, ist die Trichterspritze (§. 123.) des Bergmeisters Löscher zu Freyberg.

§. 182.

Begreiflich sind Spritzen, die bey jedem Hube viel Wasser ins Feuer gießen, denjenigen vorzuziehen, die

weniger ausgießen. Je mehr Masse der kalte Körper hat, welcher sich in die Gluth stürzt, desto besser kann er abkühlen, vorzüglich aber, je größer und dichter die Hülle von Wasser und entwickeltem Wasserdampf seyn kann, welche entsteht, wenn man um das Feuer herum spritzt, desto sicherer hält man die Luft von dem Feuer ab, und desto eher erstickt das Feuer durch Mangel an Luft.

Auf Weite der Stiefel, Höhe und Geschwindigkeit des Hubs beruht hauptsächlich die Quantität des in einer gewissen Zeit fortgetriebenen Wassers. Der Druckhebel muß in seinem höchsten Stande 6 Fuß von dem Boden, worauf die Arbeiter stehen, entfernt seyn; die Höhe des Zugs beträgt 4 Fuß 2 Zoll.

§. 183.

In Hinsicht der Eigenschaft des Wasserstrahls, kommt es nicht blos darauf an, daß er (durch Hülfe des Windkessels) ununterbrochen fortströmt, ohne abzusetzen, sondern auch, daß er das Wasser lange beysammen hält, ehe es sich in Tropfen zerstreut. Das letztere zu bewirken, kommt es auf eine zweckmäßige Einrichtung der Gußröhren und Mündstücke an, woraus das Wasser zu einem Strahle hervorschießt.

Die Gußröhren mit den gewöhnlichen kegelförmigen Mündungen sind nicht die vollkommensten. Besser ist die von Eytelwein, Kampe und mehreren andern geschickten Männern empfohlne cylindrische Gußröhre mit durchbohrter Mündungsplatte (wie bey den Springbrunnen). Trefflich entsprechen sie ihrer Absicht bey Spritzen mit beträchtlichen Windkesseln. Bey man-

chen guten Spritzen hat das Gußrohr genau gleiche Weite mit dem Schlauche, und die Kante des Loches in der Mündungsplatte ist nur etwas konisch gemacht. Durch andere Künsteleyen scheint man nicht viel ausgerichtet zu haben.

§. 184.

Der aus geschlagenem Kupfer gemachte Windkessel darf weder zu weit, noch zu enge seyn. Seine richtige Größe beruht auf dem Verhältniß seines innern Raumes zum Stiefelraume. Fängt man an zu pumpen, so verschließt man die Gußröhre erst eine Zeitlang mit einem Hahne oder auch nur mit dem Daumen, damit Schlauch und Röhre, deren innerer Raum mit dem Raume des Windkessels zusammenhängt, erst voll werde. Haben nun jene Röhren keinen Hahn und eine weite Ausgußmündung, so kann der bloße Daumendruck, des Rohrführers den Strahl nicht so lange zurückhalten, bis die Luft im Kessel so weit zusammengepreßt ist, daß sie den Strahl sehr hoch treibt. Soll die stärkere Verdichtung erst nach und nach durch wiederholtes Kolbenspiel geschehen, so verstreicht darauf so viele Zeit, daß die Arbeiter beym Pumpen zu sehr ermüden, oder daß vielleicht der Kumm zu früh leer wird, ehe es zur größten Höhe des Strahls kommt. Uebrigens hat die Erfahrung gelehrt, daß ein Windkessel, der 3 bis 4 Zoll vom Eintritte der Knieröhre an höher ist, als der Kolbenzug, nur einen noch einmal so großen Durchmesser haben darf, als der Stiefel, wenn der Strahl beym siebenten Schlage den Daumen des Rohrführers von der Gußmündung wegsprengen und beym neunten Schlage

seine volle Höhe erhalten soll. Läßt man die Höhe des Windkessels 20 Zoll betragen, so verhält sich in allen Fällen sein Durchmesser zum Durchmesser des Stiefels wie 2 : 1.

Die Bodenventile der Stiefel läßt man am liebsten Kegelventile seyn; zu den Ventilen der Knieröhren kann man recht gut Klappen anwenden. — Dem Standrohre giebt man einen sogenannten Wendehals (ein Wenderohr) um es, wie ein Gewinde, nach allen Richtungen hindrehen zu können. Ueberhaupt sollte jede Spritze sowohl mit einem Schlauche, als auch mit einem Standrohr versehen seyn; und so lange man den Schlauch nicht nöthig hat, sollte man immer nur das Standrohr anwenden.

Außer meiner Encyclopädie des Maschinenwesens Th. II. V. VI. VII. Art. Feuerspritzen und Springbrunnen führe ich hier noch folgende Werke an;

Mariotte's Grundlehren der Hydrostatik und Hydraulik; übers. von J. E. Meinig. Leipzig 1723. 8.

Switzer, introduction to a general system of hydrostatiks and hydrauliks. London 1729. 4.

W. J. G. Karsten, Abhandlung über die vortheilhafteste Anordnung der Feuerspritzen ꝛc. Greifswalde 1773. 4.

G. S. Klügel, Abhandlung von der besten Einrichtung der Feuerspritzen zum Gebrauch des platten Landes. Berlin 1774. 4.

W. G. Hesse, praktische Abhandlung zur Verbesserung der Feuerspritzen. Gotha 1777. 8.

J. E. Helfenzrieder, Abhandlung von Verbesserung der Feuerspritzen; eine von der Erfurter Akademie der Wissenschaften gekrönte Preisschrift. München 1778. 8.

J. E. Silberschlag, praktische Abhandlung von Prüfung und richtiger Angabe der Feuerspritzen; verbessert herausgegeben von J. G. Busse. Halle 1800. 8.

K. J. Löscher, Erfindung neuer Feuerspritze, welche ganz ohne Röhrwerk, Kolben und Ventile durch die Kraft zweyer Menschen eine große Menge Wasser zu einer beträchtlichen Höhe treibt rc. Leipzig 1792. 8.

J. C. Gütle, über die Einrichtung, den Bau und Gebrauch der Feuerspritzen. Nürnberg 1796. 8.

J. L. J. v. Gerstenbergk, Entwurf die Feuerspritzen mittelst einer mechanischen Vorrichtung vor dem Einfrieren zu sichern. Jena 1802. 8.

Ueber die Verbesserung der gewöhnlichen Feuerspritzen, nebst einem Vorschlage den hydraulischen Widder mit einer Spritze in Verbindung zu setzen, von J. W. Sältzer, im Neuen Magazin der Erfindungen rc. Bd. III. St. 3. Leipzig (1815.) 4. S. 134 f.

Vierter Abschnitt.

Die Maschinen zum Fortziehen und Fortschieben von Lasten oder die Fortschaffungszeuge.

§. 185.

Lasten können durch folgende Mittel von einem Orte zum andern hinbewegt werden: 1) durch Walzen und Kugeln, worauf man die Lasten fortrollt; 2) durch die Erdwinde, einem Handgöpel (§. 144.), womit man eine an eim Seil befestigte Last herbey zieht; 3) durch Schleifen und Schlitten, vor die man Pferde oder andere Thiere spannt; und 4) durch Räderfuhrwerke. Unter allen diesen Mitteln sind die Räderfuhrwerke, meistens von Pferden gezogen, die allerwichtigsten.

Auf Walzen und Kugeln bewegt man oft bey Bauten schwere Steine von einer Stelle zur andern, aber

nicht entfernten Stelle und auf ebenem Wege. Auf Kugeln (von Eisen oder von einer festen messingähnlichen Composition) geht die Bewegung leichter, als auf Walzen, weil Kugeln eine Ebene nur in einem einzigen Punkte berühren, folglich eine sehr geringe zu überwältigende Reibung bewirken. Der Schleife bedient man sich, vorzüglich in Handelsstädten zu schweren Waaren, die nur eine kurze Strecke, z. B. von Haus zu Haus, weiter gefahren werden sollen. Den Schlitten wendet man mit Vortheil auf glatten beschneyten Wegen an.

§. 186.

Die Räderfuhrwerke bestehen aus einem Gestelle mit oder ohne Kasten, der die Last enthält, und aus kreisrunden Rädern, worauf das Gestelle mit der Last fortrollt, wenn die Maschine von Menschen oder Thieren gezogen wird. Es giebt einrädrige, zweyrädrige und vierrädrige Fuhrwerke. Die einrädrigen, gewöhnlich von Menschen geschoben, heißen Schiebkarren, Schubkarren. Die zweyrädrigen sind sogenannte Zugkarren (Bauerkarren, Fuhrmannskarren) und Kabriolets. Auch die Draisinen oder Laufmaschinen sind zweyrädrig; aber ihre beyden Räder laufen nicht, wie bey andern Räderfuhrwerken neben einander, sondern in gerader Linie hinter einander. Zu den vierrädrigen Fuhrwerken gehören die gewöhnlichen Bauerwagen und Frachtwagen, die Kutschen, Reisewagen, Chaisen u. s. w. Auch der Hund (die Hunte) in Bergwerken gehört zu den vierrädrigen Fuhrwerken. Er besteht meistens aus einem viereckigten Kasten, der auf

vier niedrigen Rähern ruht. Letztere laufen auf einer schiefen Ebene an Stricken, die ein Haspel treibt, herunter und herauf.

Die Räderfuhrwerke, hauptsächlich die vierrädrigen Wagen, sind die wichtigsten unter allen Fortschaffungszeugen. Auf den richtigen Bau derselben, z. B. auf die beste Construction der Räder, die beste Lage und Vertheilung der Last, die gehörige Richtungslinie und Entfernung der Kraft rc. kommt sehr viel an, wenn die Bewegung des Fuhrwerks am leichtesten und für die Zugthiere am vortheilhaftesten ausfallen soll.

In der neuesten Zeit sind auch (namentlich in England) Wagen gebaut, die durch Kräfte lebloser Wesen, namentlich durch Kräfte einer Dampfmaschine, in Bewegung gesetzt werden.

I.

Die vornehmsten Räderfuhrwerke.

§. 187.

Die vierrädrigen Kutschen, Reisewagen, Chaisen und ähnliche Fuhrwerke, welche zur Fortschaffung von Menschen, des Reisens oder der Spatzirfahrten wegen, bestimmt sind, nehmen unter allen Fuhrwerken den ersten Rang ein. Ihr Mechanismus ist auch in der Regel viel künstlicher und sinnreicher, als derjenige der Bauernwagen und Frachtwagen. Bey letzteren sind die Räder sehr einfach mit dem Gestelle des Wagens verbunden. Sie rollen nämlich um fest mit dem Gestelle vereinigten Achsen. Hingegen bey den Kutschen, Chaisen rc. theilt sich das ganze Gestelle des Wagens in den Vorderwagen und Hinterwagen, d. h. in zwey

Theile, die von einander abgesondert werden können. Der ganze Vorderwagen, welcher die Achse für die vordern Räder, sammt Kutschbock und Fußbret enthält, dreht sich auf dem Nagel herum, welcher in der Mitte eines kreisförmigen Kranzes, auch wohl nur auf einer geraden Fläche steckt. Unter dieser Fläche oder unter dem Kranze ist der Schemel, welcher die Achse verstärkt und zugleich das vordere Lager für den Kutschkasten ausmacht. Der Schemel selbst liegt auf den Achsenarmen. Letztere haben nach vorn zu einen Vorsprung mit einer Spalte, zwischen welche die Deichsel vermöge der Deichselnägel befestigt ist. Letztere haben oben einen Kopf und unten eine Spalte. Durch die Spalte wird ein Splint (ein dünner Keil) gesteckt, um das Herausfallen der Nägel zu verhüten. Quer über den vorspringenden Theil der Achsenarme ist der Waagbalken oder die Sprengwaage mit zwey Schrauben angeschraubt. Dieser Theil hat an jedem Ende eine Ortscheide, an deren Strängen die Pferde ziehen.

Der Hinterwagen, woran die Hinterachse mit den Hinterrädern befindlich ist, bildet zugleich das Hauptlager für den Kutschkasten. Ein Klotz verstärkt die Mitte der Hinterachse, worauf die Tragbäume des Kastens festgeschraubt sind. Mit der Vorderachse hängt die Hinterachse durch die Langwitt oder durch den Schwanenhals zusammen. Nicht unmittelbar ist der Kasten mit Vorder- und Hinterwagen verbunden, sondern durch Riemen, die an die elastischen C förmigen Federn des Vorder- und Hintergestelles befestigt sind. So hängt der Kasten schwebend zwischen ihnen. Die Stöße der Räder auf unebenem Wege kön-

nen sich nun nicht bis zu den fahrenden Personen hin fortpflanzen; sie werden vielmehr in sanfte Bewegungen aufgelößt.

§. 188.

Jedes Wagenrad besteht aus dem, meistens von sechs bogenförmigen Holzstücken zusammengesetzten, und mit einem eisernen Reifen beschlagenen Kranze, oder der Felge; aus den gleichfalls hölzernen Speichen, welche wie Halbmesser von der Felge ausgehen; und aus der Nabe oder der hohlen Röhre, in die sich die Speichen, als in ihren Mittelpunkt, hineinerstrecken. Vermöge dieser Nabe läuft das Rad auf dem vordern runden und glatten Theile der Achse. Ein Nagel oder eine Schraube hält das Rad so auf der Achse, daß es, ohne seiner rollenden Bewegung Eintrag zu thun, nicht von der Achse abfliegen kann. Die Vorderräder sind gewöhnlich kleiner, als die Hinterräder. Dies erleichtert allerdings in so fern die Bewegung (§. 57. Anmerk.), daß dadurch die Last des Wagens immer ein Bestreben nach vorn zu hat, weil, wenn man sich durch die Achsen der Räder eine Ebene gedenkt, diese immer eine schiefe Ebene ist. Daß aber dadurch den Thieren von der andern Seite wegen der Kleinheit der Räder wieder Kraft geraubt wird, ergiebt sich aus folgenden Paragraphen. Auch bewirken kleine Räder beym Einsinken in Vertiefungen viel stärkere Stöße und eine weit schädlichere Reibung. — Uebrigens sind in den meisten Fällen Fuhrwerke mit vier Rädern besser, als mit zweyen. Auf vier Rädern wird die Last gleichförmiger vertheilt, und in der Bewegung des Fuhrwerks ist dann weit mehr Sicherheit.

§. 189.

Nur wenn alle Wege, auf denen sich das Fuhrwerk fortbewegt, von einerley Art wären, könnte man, nach Bestimmung des Gewichts der Last und des ganzen Fuhrwerks, die zum Fortziehen nöthige Kraft erforschen. Aber wie verschieden sind die Wege in Hinsicht der größern oder geringern Erhebung über der Horizontalfläche! Bald geht es bergauf, bald bergab. Und wie gar verschieden sind die Hindernisse, die Erhöhungen und Vertiefungen und die Rauhheiten überhaupt, über die der Wagen sich fortbewegen soll!

Gesetzt, Fig. 11. Taf. IV. bedeute ein Wagenrad, *CA* und *CB* wären Halbmesser; so kann man letztere als Hebel betrachten, deren Unterlagen in *A* und *B* sich befinden. Die Richtung der Kraft bezeichnete *CF*; diese bestrebt sich, das Rad um die Punkte *A* und *B* zu bewegen. Obgleich nun bey fortgesetzter Bewegung des Rades immer ein anderer und anderer Punkt des Rades den Boden berührt, folglich die Unterlagen sich jeden Augenblick verändern, so bleiben doch alle Hebel gleich groß, jeder nämlich bleibt dem Halbmesser des Rades gleich, vorausgesetzt, daß die Richtung immer perpendikulär auf den vertikalen Halbmesser wirkt. Dies würde der Fall seyn, wenn *CF* immer auf die Brusthöhe des Pferdes losginge und wenn das Rad bey seiner Bewegung den Boden immer nur in einem einzigen Punkte, und zwar senkrecht unter seinem Mittelpunkte berührte. So würde denn z. B. bey einem vollkommen harten, glatten und ebenen Boden auch der unmerklichste senkrechte Zug auf jenen vertikalen Halbmesser, an dem Mittelpunkte *C*, das Rad in Bewegung setzen.

Aber die Sache verändert sich schon, wenn das Rad auf eine Erhabenheit stößt, wo die Unterlage des Hebels nicht senkrecht unter dem Rade, sondern vorwärts, z. B. bey *B* zu liegen kommt. So lange sich das Rad auf diese Erhöhung hinaufarbeitet, rollt es gleichsam auf eine schiefe Fläche und dadurch geht ein Theil der Kraft verloren, welcher desto größer ist, je steiler und höher die Erhabenheit ist. Nach Ueberwindung dieses Widerstandes geht es vielleicht wieder eine Strecke gerade fort; es kommen dann aber wieder Hindernisse, bald größere, bald geringere; und so ist an keine Gleichförmigkeit bey Anwendung der Kraft zu denken. Rollt der Wagen auf eine Anhöhe, so wird die Kraft wieder größer, als beym horizontalen Zuge; geht es bergunter, so wird sie sogar geringer (nach §. 54 f.).

§. 190.

Daß hohe Räder für die Kraft vortheilhafter sind, als niedrige, ist leicht einzusehen. Denn hohe Räder haben größere Halbmesser, folglich längere Hebelsarme. Denkt man sich hier wieder den Mittelpunkt des Rades als das Ende des Hebelsarms, woran die Kraft wirkt, so ist dieses Ende natürlich weiter von der Unterlage entfernt; der Hebelsarm der Kraft ist also größer, folglich kann die Kraft zur Ueberwindung der Last geringer seyn. Außerdem würde bey kleinern Rädern die Richtungslinie der Kraft, welche man sich perpendikulär auf den vertikalen Rad-Halbmesser gedenkt, nicht auf die Brusthöhe der Pferde — die man zu $3\frac{1}{2}$ Pariser Fuß annimmt — losgehen; oder eine gerade Linie

von dem Mittelpunkte des Rades auf die Brust des Pferdes würde vom Mittelpunkte des Rades an schräg hinaufwärts gehen; und auch durch diesen schiefen Zug gienge dann viel von der Kraft verloren. Zu groß darf man die Räder freylich auch nicht machen. Erhielte man dadurch auch einen längern Hebelsarm der Kraft, so verlöre man doch wieder dadurch an Kraft, daß dann der Zug von dem Mittelpunkte des Rades schräg hinabwärts gänge. Auf jeden Fall bestimmt die Brusthöhe die richtige Größe der Räder; denn sie bestimmt ja die Länge des vertikalen Rad-Halbmessers, folglich die Größe aller Halbmesser des Rades.

Hohe Räder haben vor den niedrigen auch noch den Vorzug, daß sie nie so in weichen nachgiebigen Boden einsinken oder einschneiden, daß sie nicht blos leichter über Erhöhungen, sondern auch leichter über Löcher hinweggehen, weil sie flacher sind und weniger Krümmung haben, überhaupt also leichter jeden gefundenen Widerstand überwältigen. Die ganz kleinen niedrigen Räder verschlingen dagegen viele Kraft und erschweren den Zug der Thiere außerordentlich.

Die schiefe Richtung der Deichsel, wie wir sie nicht selten sehen, sollte schlechterdings nie statt finden. Auch sollte man nie bey Kutschen und Reisewagen schweres Gepäck auf den vordern Theil des Wagens laden, weil dadurch die Bewegung der Maschine außerordentlich erschwert und die Kraft auf die unnützeste Weise verschwendet wird.

§. 191.

Bey Kutschen, Chaisen und ähnlichen Wagen macht man gern von kegelförmigen Rädern Gebrauch.

Hierunter versteht man diejenigen Räder, bey welchen die Speichen schief in der Nabe stecken, so daß man ein solches Rad als einen flachen Kegel ansehen kann, dessen Spitze in dem Mittelpunkte des Rades liegt. Die Speichen bilden die Seitenfläche des Kegels, die Felge bildet den Umfang der Grundfläche. Speichen und Felgen müssen übrigens so mit einander verbunden seyn, daß der Umfang des Rades und der Umfang der Grundfläche des Kegels völlig zusammenfallen und ein einziges Ganzes ausmachen. Jede Speiche steht auf der innern concaven Seite der Felge senkrecht und die innere Krümmung der Felgen ist nicht nach dem Mittelpunkte der Grundfläche, sondern längs den Speichen nach der Spitze des Kegels oder des Rades gerichtet.

Nun müssen aber diese Räder, der Haltbarkeit wegen, einen vertikalen Stand gegen den Erdboden erhalten. In dieser Absicht bekommt die Achse, so weit sie sich mit beyden Enden in der Nabe befindet, keine gerade, sondern eine nach unten zu eben so stark geneigte Richtung, als die Neigung der Speichen gegen die Nabe ausmacht. Dadurch wird die vertikale, zur sichern Unterstützung der Last unumgänglich nothwendige Stellung wieder hergestellt.

Jetzt hat also die Last zwar eine senkrechte Unterstützung; aber sie drückt nicht mehr senkrecht nach der Richtung einer vertikalen Speiche. Nur zum Theil wirkt nämlich der Druck auf diejenige Speiche, welche senkrecht unter dem Mittelpunkte des Rades (oder der Spitze des Kegels) steht. Der übrige Theil des Drucks wird auf die darneben befindlichen Speichen vertheilt. Auf diese Art braucht nicht eine Speiche allein der

Last zur Unterstützung zu dienen, sondern alle thun dies zu gleicher Zeit verhältnißmäßig. Ein Theil des Rades dient immer dem andern zur Gegenstütze, ein Theil hütet gleichsam immer den andern; die Gefahr, welche dem einen Theile droht, wird gleich mit auf die übrigen verpflanzt. So nimmt also jeder einen Theil der Gefahr auf sich. Dadurch muß wohl die Festigkeit des Rades ausnehmend vermehrt werden. Bey ebenen Rädern, d. h. bey solchen, deren Speichen, Felgen und Mittelpunkt insgesammt in einer und derselben Ebene liegen, ist dies begreiflich nicht der Fall. Die Gefahr des einen Theils (z. B. einer Speiche) nimmt da der andere nicht mit auf sich. — Jedes Rad ist übrigens desto dauerhafter, je mehr Speichen es hat. Die Felge muß natürlich recht kreisrund seyn, die Nabe darf nicht zu viel Spielraum haben, damit das Rad nicht zu viel hin und herschwanke, und auf den Vorstecker vor der (mit eisernen Ringen umgebenen) Nabe muß man sich verlassen können.

Bey den kegelförmigen Rädern fliegt auch, selbst wenn sie sehr schnell umlaufen, der anhängende Koth leicht zur Seite von dem Wagen ab. Weil nämlich die Spitze des Kegels nach dem Wagengestelle hingeht, so bekommt der Koth mehr eine Centrifugalkraft nach Außen hin. Auch lassen die kegelförmigen Räder dem Gestelle nach beyden Seiten einen weitern Raum und dem schwebenden Kasten ungehinderteres Spiel. Ferner kann man bey ihnen auch die Naben dicker machen, ohne daß dadurch die Räder ihr Ansehen verlieren.

§. 192.

Es giebt hölzerne und eiserne Achsen. Wenn eiserne Achsen in messingenen Büchsen laufen (die sich

im Innern der Nabe befinden), so wird dadurch die Reibung sehr verringert und die Leichtigkeit der Bewegung allerdings befördert. Eiserne Achsen sind in der Regel auch viel stärker, als hölzerne, selbst wenn sie dünner als hölzerne sind. Schon dadurch, daß man sie nicht so dick zu machen braucht, erleichtert man den Gang des Rades.

Theurer sind die eisernen Achsen allerdings. Auch hat man ihnen nicht mit Unrecht vorgeworfen, daß sie in der Kälte, wegen des Spröbewerdens, leicht brechen und dann in gewöhnlichen Dorfschmieden nicht wieder hergestellt werden können. Diesem Nachtheile käme man am besten dadurch zuvor, wenn man die Achsen aus einer solchen Damastmasse verfertigte, woraus die Damascener-Klingen bestehen. Die Damastmasse ist eine Mischung von Eisen und Stahl, wovon ein jeder Theil besonders zu ganz dünnen dem dicken Eisendraht ähnlichen Stäbchen ausgeschmiedet wird. Diese Stäbchen werden so zusammengelegt, daß immer ein Eisenstab mit einem Stahlstabe abwechselt. Alsdann werden sie wie Seile zusammengedreht. Mehrere solcher zusammengedrehter Stücke (wohl 20 bis 30) werden wieder aufs schnellste und beste zusammengeschweißt, d. h. zu einer einzigen Masse zusammengeschmiedet. Den so erhaltenen dicken Stab schmiedet man wieder möglichst dünn, schweißt ihn abermals mit andern eben solchen Stäben zusammen und wiederholt diese Operation wohl acht bis zehnmal. Alsdann hat man ein damascirtes Stück erhalten, woraus sich gleichsam unvergängliche Wagenachsen bilden lassen. Der Stahl giebt der Masse die Härte, das Eisen giebt ihr die Geschmeidigkeit.

Die vor wenigen Jahren erfundenen beweglichen Achsen des Lankensperger in München sind sehr bemerkenswerth.

§. 193.

In England hat man zuerst die großen Vortheile der breitfelgigten Räder, hauptsächlich für Lastwagen anerkannt; aber bald hat man sie auch in Frankreich eingeführt; in Deutschland sind sie leider noch zu wenig angewandt worden. Ihre Einführung sollte in allen kultivirten Ländern eben so, wie in England und Frankreich, gesetzlich vorgeschrieben seyn.

Die Räder mit breiten Felgen erleichtern den Transport ungemein, nicht blos indem sie auf allen Arten von Wegen weit leichter (d. h. mit beträchtlich geringerer Kraft) fortrollen, sondern auch, indem sie die Straßen schonen, manche sogar noch verbessern. Denn während schwer beladene Wagen mit schmalen Felgen (die ohnehin auch noch mit hervorragenden spitzigen Nagelköpfen versehen sind) stark in den Straßenkörper einschneiden, die Oberfläche des Deckmaterials der Straßen durch tiefe Geleise trennen (worin sich bey Regenwetter das Wasser sammelt), das Straßenmaterial in kurzer Zeit zu Staub zermalmen, u. s. w., so gehen die breitfelgigten Räder wie Walzen über die Oberfläche der Straßen hinweg, drücken das kleine, vielleicht erst vor Kurzem aufgeworfene Deckmaterial zusammen und bilden so nach und nach eine feste ebene Oberfläche, durch welche der Regen nicht hindurch dringen kann und auf welcher die Wagen mit Leichtigkeit hinwegrollen. Bey solchen Straßen spart man so viel an Zugkraft, daß man statt vier Pferde, nur drey

nöthig hat; und die Ersparniß der Unterhaltungskosten bey denselben Straßen wird von Sachverständigen zu 75 Procent angegeben. Da sich auch das Eisenwerk der breiten Felgen weit langsamer abnutzt, als das an schmalen Felgen (weil bey jenem der Druck auf eine größere Fläche vertheilt ist), so sind sie im Ganzen sogar weniger kostspielig. Diese Ersparniß an Eisenwerk rechnet man zu 30 Procent.

Betrachtet man das schmalfelgigte Rad eines auf dem Pflaster dahinrollenden Wagens, so sieht man bald, daß es stark geworfen wird, daß es stets rechts und links abgleitet, um in alle Zwischenräume des Pflasters zu fallen, und daß es auch heftig an diejenigen Pflastersteine anstößt, die sich unmittelbar vor dem Rade befinden. Diese harten unmittelbar auf einander folgenden Stöße geben dem Wagen sehr unangenehme Erschütterungen, und greifen die Räder so an, daß sie bald zerstört werden müssen. Auch den Wagen selbst verderben sie sehr und den Pferden geben sie harte Rucke. Es kann daher nicht anders kommen, als daß der Zug sehr ungleich und beschwerlich ausfällt. Durch das stete Abgleiten auf dem Pflaster werden ferner die eisernen Reifen oder Schienen der Felgen bald abgerundet, folglich dann zum Abgleiten noch fähiger gemacht. Daß das Pflaster davon selbst abgenutzt und verdorben wird, fällt zuletzt auch noch in die Augen. — Dies Alles findet bey den breitfelgigten Rädern nicht statt, die wie eine Walze über das Pflaster, über Höcker und Löcher hinwegrollen, und begreiflich auch dem Umwerfen nicht so leicht ausgesetzt sind.

Für Reise- und Luxuswagen schlug Graf Rumford die breitfelgigten Räder gleichfalls vor. Er selbst fuhr mit solchen Wagen und fand sie trefflich.

Die aus einem Stücke gebogenen Radfelgen, wie der Preußische Hauptmann Neander sie fabriciren läßt, verdienen alle Beachtung. Alle Wagenräder mit solchen gebogenen Felgen können bey der erforderlichen Festigkeit viel dünner und leichter gemacht werden, als die aus Kloben gehauenen zusamen verbundenen sechstheiligen Kreisbögen.

§. 194.

Wenn die Fuhrwerke recht breit wären, folglich die parallel laufenden Räder recht weit von einander ständen, so könnte man mehr Sachen neben einander, statt aufeinander packen. Den Zugthieren verschaffte dies Erleichterung und das Umwerfen des Wagens könnte nicht so leicht geschehen.

Wagen mit schmalfelgigten Rädern sollten, wenn man sie hauptsächlich für Erd- und Sandwege anwendete, insgesammt eine gleiche Breite von mindestens 5 Fuß haben. Es brauchte sich dann nicht jedes einzelne Fuhrwerk eigne Geleise zu öffnen, wodurch die Wege sehr verdorben werden. Bey breitfelgigten Rädern hingegen müßten die Wagen von verschiedenem Gewicht auch verschiedene Räderspur und Geleise haben. Weil nämlich eine breite Felge wie eine Walze wirkt, so muß sich dieser Effekt auf der ganzen Oberfläche der Straße verbreiten. Läuft bey verschiedener Spur das eine Rad auch in der Geleise einer andern, so wird doch das andere einen noch nicht berührten Theil der Straßen-Oberfläche treffen und daselbst das Material der Straße so zusammendrücken, daß die Oberfläche in kurzer Zeit dicht und glatt erscheint.

Je schwerer die Last des Wagens ist, desto breiter sollten auch die Felgen seyn, die übrigens zugleich recht glatt und vollkommen walzenförmig seyn müssen. Gewöhnlich geht ihre Breite von 4 bis 9 Zoll. Letztere sind wohl die breitesten.

§. 195.

Trefflich verhüten die Stahlfedern der Kutschen und Reisewagen das Fortpflanzen der Räder-Stöße auf unebenen Wegen. Deßwegen dachte man darauf, ähnliche Federn auch bey gemeinen Wagen und Karren mit aller der Oekonomie anzuwenden, welche bey dieser künstlichen Einrichtung nur möglich war. Der Engländer Edgeworth führte diesen Gedanken vor etlichen Jahren zuerst aus. Er baute zuerst einen zweyrädrigen Karren, dessen Kasten mit seinen Enden auf den Enden zweyer Schwungbäume von biegsamen elastischem Holze lag. Die Schwungbäume selbst saßen mit der Mitte ihrer Länge auf der Achse. Sie vertraten daher die Stelle von Stahlfedern. Der Karren konnte mit $\frac{1}{5}$ der Last mehr beladen werden, als ohne die Schwungbäume und doch ging das Fortziehen noch immer leichter, als bey einem gewöhnlichen Karren.

Bey Kutschen und Reisewagen verband man schon vor mehreren Jahren in England, statt der C-Federn, zwey Federn von der Form halber elliptischer Bögen, mittelst Scharniren an ihren Enden, zu einer ganzen Ellipse so mit einander, daß der Kutschkasten unmittelbar darauf ruhen konnte. Dadurch erhielt der Kasten eine sehr sanfte auf- und niederspielende Bewegung. Herr von Reichenbach in München wandte wahre Ringfedern oder Federn von der Gestalt eines vollständigen Kreises an. Auf diesen Ringfedern ruhen (ohne wei-

tere Zwischenmittel von Riemen, Schrauben und Gewinde) die eisernen Träger des Kastens unmittelbar in gehöriger Verbindung. Diese Federn, oft noch mit eignen Sicherheitsringen oder Gegenringen versehen, bieten allerdings mancherley Vortheile dar.

Merkwürdige und zum Theil sehr nützliche zu den Fuhrwerken gehörige Erfindungen sind Padburys Wagenschutz gegen das Abfliegen eines Rades, auch wenn der Vorstecker verloren gegangen ist; Cooks und Miltons Reserveräder oder Sicherheitsräder gegen das Umfallen des Wagens; so wie manche Sicherheits- und Rettungsvorrichtungen beym Flüchtigwerden der Pferde.

Als Literatur über die Fuhrwerke bemerke ich (außer meiner Encyclopädie des Maschinenwesens Th. II. VII. Art. Fuhrwerke) folgende Schriften:

Traité des Forces mouvantes pour la pratique des Arts &c. par Mr. de Camus. Paris 1724. 8.

Mémoires de perfectionner les Voitures, par Mr. Dupin. Paris 1753. 8.

Treatise on Wheel-Carriages &c. dedicated to the Society of Arts. Leominster. 1763. 4.

B. F. Mönnich, über das Mechanische der Fuhrwerke; in den Neuen ökonomischen Nachrichten der patriotischen Gesellschaft in Schlesien. Bd. III. 1782. 4. S. 189 f.

J. N. Müller, Versuch einer systematischen Abhandlung über das Fuhrwesen. Göttingen 1787. 8.

R. L. Edgeworth, Account of some experiments on Wheel-Carriages; in den Transactiones of the royal Irish Academy for 1788. Dublin 1790. 4. S. 73 f.

R. Anstice, the Wheel-Carriages of different structure and drawght. London 1790. 8.

N. Fuß, Versuch einer Theorie des Widerstandes zwey-

und vierrädiger Fuhrwerke, auf Fahrwegen jeder Art. Kopenhagen 1798. 4.

C. Krönke, Versuch einer Theorie des Fuhrwerks, mit Anwendung auf den Straßenbau. Chemnitz 1801. 4.

Ueber die Wirkungen der Räder mit verschiedenen Felgen auf die Wagengeleise und Wege; im Magazin aller neuen Erfindungen rc. Bd. II. Leipzig (1802.) 4. S. 73 f.

Ueber die Anwendung der Federn an Lastwagen, von Edgeworth; im Neuen Magazin aller neuen Erfindungen. Bd. III. St. 5. Leipzig (1816.) 4. S. 300 f.

Anzeiger für Kunst- und Gewerbsfleiß im Königreich Baiern. Jahrg. II. München 1816 4. No. 11. 30. 33. 34. Neanders Radfelgen und Reichenbachs Ringfedern.

A. Schlichtegroll, über den Nutzen der breitfelgigten Räder an Fracht- und anderm schwerem Fuhrwerk. München 1819. 8.

Ueber Lankensspergers bewegliche Wagen-Achsen; in J. G. Dinglers polytechnischem Journal. Bd. I. Heft 3. Stuttgart 1820. 8.

II.

Die englischen Eisenbahnen.

§. 196.

Die schon im Jahr 1768 von Edgeworth zuerst angegebenen Eisenbahnen oder Eisenwege, welche man in England zur Fortschaffung der Kohlen so häufig findet, nehmen in der Reihe der Erfindungen keinen unwesentlichen Platz ein. Diese Bahnen (in früherer Zeit auch von Holz gebildet) sind oft einige Meilen lang. Sie laufen zwischen den Kanälen nnd Werken in die Kreuz und Quere. Die darauf gehenden Wagen aber bewegen sich entweder (auf einer schiefen Fläche) durch ihr eignes Gewicht, oder mehrere werden zusam-

mengehängt, von einem Pferde oder von ein Paar Pferden gezogen.

Es giebt in England zweyerley Arten von Eisenbahnen: die Railroads und die Tramroads. Die Railroads (Railwäys) bestehen aus 2 bis 3 Zoll breiten eisernen Stegen, welche auf der innern und obern Kante vollkommen glatt sind, auf der untern Kante und der äußern Seite aber jede beliebige Gestalt haben können. Die darauf gehenden Wagen haben an der inwendigen Kante des Rades eine Falze, mittelst welcher der Wagen in der Bahn gehalten wird, während das Rad auf den Stegen ungehindert fortrollt. Bey den Tramroads hat die Bahn, worin das Rad läuft, auf der äußern Seite eine emporstehende Kante und jedes Rad selbst hat das Ansehen eines gewöhnlichen Schiebkarren-Rades. Ein Bahn- oder Spurstück ist gewöhnlich 3 Fuß lang; es wird immer an das nächst folgende befestigt. Damit die Wagen auch nach verschiedenen Richtungen gehen und andern Wagen ausweichen können, so sind in den erforderlichen Strecken Kreuzspuren (Turnrails) angebracht. Der Pfad für die Zugpferde ist trocken und mit kleinen harten Steinen gepflastert oder sonst gut verwahrt.

§. 197.

Der Wagen hat vier Räder von Gußeisen. Die Räder sind meistens 3 Fuß hoch. Niedriger als 2 Fuß macht man sie nie. Der Kasten des Wagens welcher die Fracht enthält (gewöhnlich Steinkohlen, Bausteine, Eisensteine, Eisen, Kalk ꝛc.) ist trichterförmig, 6 Fuß lang, 2 Fuß hoch und 3 ½ Fuß breit.

Gewöhnlich hängen mehrere Wagen aneinander. Oft zieht ein Pferd 13 mit Steinkohlen beladene Wagen, zusammen 22 Tonnen oder 440 Centner mit der größten Leichtigkeit auf der schrägen Eisenbahn hinunter und dieselben Wagen leer eben so leicht wieder hinauf. Man hat sogar Beyspiele, daß auf diese Art ein Pferd eine Last von 43 Tonnen oder 860 Centnern gezogen hat. Einst zog ein Pferd 12 mit Steinen beladene Wagen 85568 Pfund schwer, nebst 4 mit 50 Arbeitern beladenen auf einem Eisenwege mit Leichtigkeit 6 englische Meilen weit. Ueberhaupt kann man annehmen, daß auf den neu verbesserten Eisenwegen ein Pferd täglich dieselbe Arbeit thut, wozu man sonst vierzig bis fünfzig Pferde haben mußte.

Herr von Baader in München will neue Eisenbahnen erfunden haben, deren Wirkung in Hinsicht der Kraftersparniß jene der englischen Eisenbahnen dreymal übertrifft. Selbst auf den gewöhnlichen, aber guten Landstraßen soll seine Erfindung zu gebrauchen seyn, und ein Pferd soll dann auf denselben mit gewöhnlichem Fuhrwerk so viel leisten als sonst 26 Pferde. — Man sehe das weitere über die Eisenbahnen in meiner Encyclopädie des Maschinenwesens, Th. II. IV. Artikel Fuhrwerke, und Th. VII. Art. Eisenbahnen. Ferner:

Neue Theorie des Straßenbaues, und über den Gebrauch der Eisenbahnen zu leichter Fortschaffung großer Lasten. Leipzig 1801. 4.

R. L. Edgeworth, on the practicability and advantages of a general system of Rail-roads and the means of carrying the same into effect; in W. Nicholson's Journal of natural philosophy &c. Vol. I. London 1802. 8. S. 221 f.

Repertory of Arts and Manufactures. Vol. III. London 1803. 8. S. 15 f. Ueber Wyats Verbesserung der Eisenbahnen.

Svedenstiernas Reise durch England und Schottland; a. d. Schwed. übers. von Blumhof. Cassel und Marburg 1811. 8. S. 41 f. 113 f.

Fünfter Abschnitt.

Die Maschinen zum Pressen und Feststampfen.

§. 198.

Die Maschinen, welche einen starken und anhaltenden Druck auf Körper ausüben, um deren Gestalt zu verändern, die Oberfläche auf eine eigne Art zu bilden, die Körper zu verdichten oder eine Flüssigkeit aus Körpern gewaltsam herauszutreiben, werden Pressen genannt. Sie unterscheiden sich in Hinsicht des Zwecks von den Rammen oder Rammmaschinen dadurch, daß diese bestimmt sind, Pfähle in einen Boden fest einzutreiben. Die Rammen wirken durch keinen anhaltenden, sondern durch einen stoßweisen Druck. Pause und Druck wechseln hier immer mit einander ab.

I.

Die Pressen.

§. 199.

Man kann jetzt folgende acht Arten von Pressen annehmen: die Schraubenpresse; die Hebelpresse; die Keilpresse; die Cylinderpresse; die Hydrostatische Presse; die Hydromechanische Presse; die Luftpresse; und die Dampfpresse.

1.

Die Schraubenpresse.

Die gewöhnliche Schraubenpresse besteht aus einer mehr oder weniger starken (hölzernen oder eisernen) Vaterschraube, die sich in einer starken sehr fest mit dem Gestelle verbundenen Mutter auf- und niederschrauben läßt. Durch einen dicken Theil oder Kopf der Schraube geht ein Hebel, der sogenannte Preßbaum, Preßbengel oder Schlüssel, woran die bewegende Kraft, gewöhnlich die Hand des Menschen, wirkt. — Statt des Preßbengels ist auch wohl ein großes Rad da, woran die bewegende Kraft mittelst einer Kette oder eines Seiles und einer stehenden Winde beschäftigt ist. Das untere Ende der Schraube drückt bey den meisten Pressen zunächst einen Kloß oder ein starkes Bret, oder einen beweglichen Preßriegel; darunter liegen oft noch andere Preßbreter, von einer Größe, daß sie die zu preßenden Sachen gehörig bedecken oder zwischen sich nehmen können. Es versteht sich, daß zur Aufnahme der zu pressenden Körper immer eine feste und hinreichend breite Unterlage (ein Bodenriegel sammt Bretern) da ist.

Die Theorie und Wirkungsart der Schraubenpresse ist schon bey der Theorie der Schraube (§. 61 f.) erklärt. — Soll die Schraube durch ein Wasserrad mit Beyhülfe eines Räderwerks, umgedreht werden, so muß durch sogenannte Abrückwellen die Einrichtung gemacht seyn, daß sich, wenn die Pressung in einem hinreichenden Grade erfolgt ist, ein Getriebe aus den Zähnen seines Rades herausrücken läßt.

2.

Die Hebelpresse und Keilpresse.

§. 200.

Die Hebelpresse ist ein starker sehr langer aus einem Balken verfertigter Hebel der andern Art (§. 39.), welcher um ein starkes Gewinde auf- und nieder bewegt werden kann, und mit einer dem Umdrehungspunkte nahen Stelle auf die zu pressenden Körper wirkt, während sein davon entferntes Ende mit Gewalt niedergedrückt wird. Ein starkes festes Gerüst setzt auch diese Hebelpresse voraus; namentlich muß da, wo die Körper gedrückt werden sollen, für eine zweckmäßige recht feste Unterlage gesorgt seyn. Die Kraft wirkt gewöhnlich nicht unmittelbar auf das Ende des Hebels, sondern ein Seil geht von diesem Ende aus um einen Kreuzhaspel (§. 134.), dessen Achse ein Gesperre (ein Sperrrad mit Sperrhaken) enthält. Mittelst dieses Haspels wird der Hebel sehr stark auf die zu pressenden Körper gedrückt; das Gesperre aber ist sehr nothwendig, damit die an den Stöcken des Haspels arbeitenden Menschen Ruhepunkte haben und der Hebel nicht durch den Widerstand der Last zurückgetrieben werden kann. Die Schraubenspindel hat ein solches Gesperre wohl selten nöthig, weil die Schraube wegen der starken Friktion der Gänge in einander selbst bey starker Pressung ohne jenes Hülfsmittel von selbst stehen zu bleiben pflegt.

Soll der Hebel wieder in die Höhe gehoben werden, so muß man das Sperrrad frey machen, d. h. man muß den Sperrhaken aus den Zähnen des Sperrrades herausheben. Ist der Hebel von sehr großem Gewicht,

so wendet man zu seinem Emporheben gleichfalls einen eigenen Haspel an. Man giebt nämlich der obern Fläche des Hebels nicht weit von seinem Ende einen starken eisernen Haken oder Ring, von welchem aus ein Seil in die Höhe über eine Rolle und von da wieder herunter um den zweiten Haspel führt. Setzt man diesen in Bewegung, nachdem man das Sperrrad des ersten frey gemacht hatte, so wird der Hebel emporgewunden. — Man sieht übrigens leicht ein, daß beym Pressen mit dem Hebel die Last oder der Widerstand hinaufwärts, die Kraft hinunterwärts wirkt, und daß die Presse (ohne Rücksicht auf die Verstärkung durch den Haspel) einen desto größern Effekt hat, je mehrmal die Entfernung der Kraft die Entfernung der Last übertrifft. — Zum Ausdrücken des Saftes aus Runkelrüben für die Zuckerfabrikation, zum Pressen des Leders 2c. wendet man wohl eine solche Hebelpresse an.

Die Wirkung der Keilpresse beruht ganz auf der Theorie des Keils (§. 58 f.). Es ist natürlich, daß ein Keil, der mit Gewalt in einen Raum hineingeschlagen wird, denjenigen Körper stark pressen muß, der jenen Raum begränzt. Kann dieser Körper nachgeben, so thut er es gewiß. Die Hauptanwendung findet die Keilpresse noch immer in der Oehlmühle zum Auspressen des Oehls aus dem zermalmten Saamen.

3.
Die Cylinder- oder Walzenpresse.

§. 201.

Die Cylinder oder Walzen (von hartem Holze, oder von Stein, oder von Metall, namentlich von Eisen,

oder von Stahl oder von Glockenmetall) werden nicht blos zum Zerdrücken von allerley Körpern, von Erzen, Getraide, Obst, Zuckerrohr ꝛc. angewendet, sondern auch zum Drucken der Bücher, der Kupferstiche, des Katuns ꝛc., zum Plattdrücken von Metallen, zum Glätten der Zeuge und des Papiers und zu vielen andern Zwecken. Ein auf Körpern in einer kreisförmigen Bahn herumrollender Cylinder (wie bey Oehlmühlen, Pulvermühlen, Stärkemühlen ꝛc.) wird gewöhnlich nicht unter Cylinderpresse verstanden, sondern eine Verbindung von zwey oder mehr parallel und nahe neben einander oder über einander gelegten Cylindern, welche die zu pressenden Sachen zwischen sich klemmen und gewaltsam durch den kleinen Zwischenraum, den sie übrig lassen, hindurchführen. — So können sie Körper zerdrücken (wie Zuckerrohr, eingeweichtes Getraide, zerfressene Bleyplatten ꝛc.) und Säfte ausdrücken. So können sie, wenn sie recht blank sind, Körper glätten und plätten (wie Papier, Zeuge, zähes Metall ꝛc.). So können sie auf ihrer Oberfläche nach einer gewissen Vorschrift gravirt seyn und einen Pigment-Auftrag enthalten, dies Pigment auf Papier, Leinwand, Katun ꝛc. drucken. So hat man denn auch wirklich Cylinderpressen zum Bücherdruck, Katundruck ꝛc. Eine ähnliche Bewandniß hat es mit denjenigen Cylinderpressen, welche dem Metalle Eindrücke geben, wie bey dem Walzenwerke in Münzen. Die gewöhnlichen Kupferdruckerpressen, die Kopierpressen und einige andere ähnliche Pressen führen die zu bedrückenden Sachen nicht allein zwischen sich hindurch, sondern auch einen besondern Körper, von welchem der Abdruck geschieht.

Die Cylinder aller dieser Pressen werden gewöhnlich durch Beyhülfe von in einander greifenden gezahnten Rädern oder von Seilrädern und Rollen in Bewegung gesetzt, die auf ihren Achsen stecken. Wenn daher nur eine Walze in Bewegung kommt, z. B. durch Drehen mittelst einer Kurbel, so drehen sich auch alle übrigen um ihre Achse. Zuweilen sind ihre Zapfenlager so beweglich, daß sie durch Hülfe von Stellschrauben näher an einander gestellt oder weiter von einander entfernt werden können. Wenn (wie bey manchen Glättmaschinen) zwey Walzen über einander liegen, so liegen die Zapfen der obersten oft blos in einer vertikalen Falze (statt in Zapfenlagern) und dann preßt sich diese Walze durch ihr eignes Gewicht auf die unterste.

Unter den neuesten Arten von Cylinderpressen ist die Buchdruckerpresse des König wohl die merkwürdigste. Sie besteht aus mehreren Walzen, welche die Arbeit des Druckens verrichten.

4.

Die Hydrostatische und Hydromechanische Presse.

§. 202.

Der (aus §. 88.) bekannte hydrostatische Druck, den eine hohe Wassersäule ausübt, hat erst seit wenigen Jahren die Erfindung sehr merkwürdiger Pressen veranlaßt, welche man hydrostatische und hydromechanische Pressen nennt. Die hydrostatische Presse des französischen Grafen Real ist hiervon die einfachste. Diese Presse besteht aus einem etwa ½ Fuß weiten und etwa eben so hohen Gefäße, in deren Deckel (wie bey Fig. 10. Taf. III.) eine enge hohe Röhre fest-

geschraubt ist. Der Boden des Gefäßes hat eine mit einem Zapfen verschließbare Oeffnung. In einiger Entfernung über diesem Boden ist aber ein zweyter siebartig durchlöcherter Boden, worauf man Pulver, Kräuter ꝛc. legt, um daraus einen Extract zu machen. Mittelst eines beweglichen gleichfalls siebartig durchlöcherten Deckels kann man diese Substanzen etwas zusammenpressen. Die obere Decke, welche die Röhre trägt, läßt sich gleichfalls abschrauben, um die zu pressenden Materien in das Gefäß legen zu können.

Ist alles so weit vorbereitet, so gießt man Wasser durch die Röhre in das Gefäß, und fährt dann mit Zugießen fort, bis auch die Röhre voll ist. Die Wassersäule in der Röhre übt dann in dem Gefäße (nach §. 88.) einen Druck aus, welcher gleich ist dem Gewicht einer Wassersäule von einer der Fläche des Deckels gleichen Grundfläche und einer Höhe, die der Höhe der Röhre gleich kommt. Dadurch werden die untern Wassertheile so fest an die zu extrahirenden Materien gepreßt, daß sie das Ausziehbare ablösen und sich damit zu einem Extracte verbinden, den man zu dem untern Boden heraus in ein eignes Gefäß ablassen kann, wenn man aus der Oeffnung den Stopfen oder Zapfen hinwegnimmt.

Zu gewöhnlichen Extracten sind Röhren von 4 bis 6 Fuß Länge hinreichend. Je länger bey einerley Weite des Gefäßes die Röhre ist, desto stärker wird der Druck. Betrüge die Weite des Gefäßes (oder die Fläche des Deckels) 1 Quadratfuß, die Höhe der Röhre 60 Fuß, so wäre der Druck in dem Gefäße dem Gewicht einer Wassersäule von 60 Kubik-

fuß gleich. Nimmt man pariser Maaß an und rechnet man den Kubikfuß wieder zu 70 Pfund, so macht dies einen Druck von 60 . 70 = 4200 Pfund aus.

§. 203.

Die Engländer Bramah, Murray und Andere haben diese Presse zu größern mechanischen Zwecken angewendet, z. B. zu Papierpressen, Oehlpressen, Münzpressen u. s. w. Sie haben sie zugleich noch durch Hebelkraft bedeutend verstärkt. Bramah verband die hohe Wasserröhre ohngefähr so, wie Fig. 9. Taf. III. mit einem ziemlich weiten und starken Cylinder. In demselben befand sich (wie bey einem Druckwerke) ein solider Kolben mit einer starken Kolbenstange. Die Kolbenstange enthielt über dem Cylinder auf ihrem Ende eine starke Preßplatte. Den Cylinder umgab ein sehr festes Gestelle oben in gewisser Entfernung von der Preßplatte mit einem starken Querriegel. Die zu pressende Sache kam auf die Preßplatte unter den Querriegel zu liegen. Eigne Preßbreter aber konnten die nähere Begränzung jener Sachen bilden.

Stand nun der Kolben in seinem Cylinder erst unten, und man goß die hohe Druckröhre voll Wasser, so wurde der Kolben durch den Druck dieser Wassersäule in die Höhe getrieben und die Preßplatte preßte die auf ihr liegenden Körper mit einer Gewalt zusammen, die gleich war dem Gewicht einer Wassersäule von einer der Grundfläche des Kolbens gleichen Basis und einer der Höhe der Röhre gleichen Höhe. Nun brachte Bramah aber auch oben in der engen Röhre einen Kolben an, der mit einem langen Hebel verbunden war. Mittelst

dieses Hebels wurde die Wassersäule in der Röhre gedrückt, folglich konnte dadurch die drückende Kraft der Wassersäule noch bedeutend verstärkt werden. Eine Seitenöffnung oben in der Druckröhre ist vermöge eines Röhrenstücks so mit einem Wasserbehältnisse verbunden, daß dadurch die Röhre jedesmal wieder gefüllt wird, wenn es ihr an Wasser fehlt, ohne den Kolben erst herauszuziehen. Man hebt den Kolben nur bis über jene Oeffnung; alsdann entsteht hinter ihm ein luftleerer oder luftverdünnter Raum, in welchen sogleich wieder Wasser aus dem vorhin genannten Wasserbehältnisse hineingesogen, d. h. durch den Druck der äußern Luft hineingepreßt wird.

Soll die Pressung aufhören und der Kolben wieder hinabsinken, so braucht blos ein unter dem Kolben quer durch die Röhre gehender doppelt durchbohrter (Senguerdischer) Hahn so gedreht zu werden, daß er eine Communikation des innern Cylinder-Raums mit der äußern Luft öffnet; alsdann fließt das Wasser unter dem Kolben hinweg. Soll der Kolben wieder in die Höhe gepreßt werden, so dreht man den Hahn wieder so, daß die Gemeinschaft des innern Cylinder-Raums und des Druckröhren-Raums wieder statt findet.

Die Kraft, welche die Presse in Thätigkeit setzt, fällt bey einerley Höhe der Druckröhre und einer gewissen Kraft desto größer aus, je größer das Quadrat des Durchmessers des weiten Cylinders gegen das Quadrat des Durchmessers der Druckröhre ist; ferner, je länger der Hebelsarm ist, woran die Kraft wirkt. Wäre z. B. der Durchmesser des weiten Cylinders 12 Zoll, der Durchmesser der Druckröhre ½ Zoll, die Länge des Hebelsarms (eines einarmigen Hebels) woran

die Kraft wirkt, 18 Zoll, die Entfernung des Widerstandes von dem Umdrehungspunkte des Hebels oder die Länge des Hebelsarms der Last 2 Zoll, und übte ein Mensch am Ende jenes Hebelsarms eine Kraft von 50 Pfunden aus, so würde (ohne Rücksicht auf die Höhe der Druckröhre) der Kolben in dem weiten Cylinder gedrückt mit einer Kraft von

$$\frac{12^2}{(\frac{1}{4})^2} \cdot \frac{18}{2} \cdot 50$$

$$= \frac{144}{\frac{1}{16}} \cdot 9 \cdot 50$$

$$= 144 \cdot 16 \cdot 450$$

$= 1036800$ Pfund.

Man sieht hieraus, wie ungeheuer die Wirkung solcher Pressen seyn kann.

§. 204.

Daß der Preßkolben blos hinaufwärts preßt, ist freylich eine Unvollkommenheit. Diese hat Murray auf folgende Art hinwegzuschaffen gesucht. Die starke Kolbenstange jenes Preßkolbens ist auf zwey einander entgegengesetzten Seiten gezahnt, und diese Zähne greifen auf beyden Seiten in ein starkes eisernes Stirnrad. Jedes von den beyden Stirnrädern aber greift wieder in eine starke eiserne gezahnte Stange, deren cylindrischer Theil von einer Röhre so umschlossen wird, daß er darin mit einigem Spielraum auf- und niedersteigen kann. Oben in einiger Entfernung über dem Kolben sind beyde gezahnte Stangen mit einem starken eisernen Querriegel verbunden. Das Ende der Hauptkolbenstange trägt wieder eine Preßplatte.

Wird nun der Preßkolben in die Höhe getrieben, so dreht die Kolbenstange die beyden Stirnräder um; diese aber treiben durch ihre Drehung die beyden ge-

zähnten Stangen herunterwärts. Der Querriegel dieser Stangen geht demnach herab, während die Preßplatte der Kolbenstange hinaufsteigt. Beyde Theile, welche die zu pressende Sache zwischen sich enthalten, bewegen sich also einander entgegen und bewirken das Pressen auf eine sehr kräftige Weise.

5.

Die Luftpresse und Dampfpresse.

§. 205.

Der bekannte einseitige Druck der Luft (§. 126.) leitete den D. Rommershausen auf die Erfindung seiner Luftpresse. Spannt man ein Filtrirtuch über ein cylindrisches Gefäß und verdünnt man die Luft unter dem Filtrirtuche in dem Gefäße (etwa mittelst einer kleinen Saugpumpe, deren Kolben man zurückzieht), so preßt der Druck der Luft eine auf dem Filtrirtuche liegende Flüssigkeit mit Gewalt durch die Poren des Filtrirtuchs in den luftverdünnten Raum des Gefäßes. Daß nun ein solcher Luftdruck auf ähnliche Art zum Pressen, namentlich zum Extrahiren mancher Stoffe angewandt werden kann, als der Wasserdruck bey Reals und Bramahs Presse, ist leicht einzusehen.

Die Luftpresse des Rommershausen besteht aus zwey senkrecht neben einander stehenden cylindrischen Gefäßen. Jedes derselben ist durch einen in der Mitte befindlichen Zwischenboden in einen obern und untern Raum abgeschieden und beyde untere Räume sind durch eine Communikationsröhre mit einander verbunden. Das eine dieser Gefäße enthält die Vorrichtung zur Luftentleerung;

auf dem Zwischenboden des andern Gefäßes aber ruht das Filtrum. Der übrige obere Raum des letztern Gefäßes ist mit der Filtrir-Flüssigkeit, z. B. Wasser; angefüllt. Dadurch ist also der untere Raum dieses Gefäßes geschlossen.

Die Vorrichtung zum Evacuiren der Luft besteht aus einer gewöhnlichen Wasserpumpe, welche den Zwischenboden durchbricht und das im untern Raume befindliche Wasser in den obern hinaufhebt. Die unter dem Pumpenkolben erzeugte Leere schlürft dann, bey Oeffnung des Hahns der Communikationsröhre, auch die Luft im untern Raume des zweyten Gefäßes hinweg. Da nun bey Oeffnung einer im Zwischenboden des Pumpengefäßes befindlichen Klappe das gehobene Wasser sogleich wieder in den untern Raum herabfällt, und die daselbst befindliche Luft zur zweyten Verdünnung heraustritt, so kann durch Wiederholung des Verfahrens ein hoher Grad von Luftverdünnung erreicht werden.

§. 206.

Der verschlossene Raum unter dem Filtrum wird also nach und nach immer mehr von Luft befreyt. Die äußere Luft drückt daher, weil sie unten keinen Gegendruck (oder nur einen äußerst geringen Gegendruck) findet, die obere Flüssigkeit mit Gewalt durch das dichteste Filtrum. Ganz unten am Boden des Gefäßes befindet sich ein Hahn, mittelst welchem die in den luftleeren Raum gedrungene Flüssigkeit, mit den lösbaren Theilen der zu extrahirenden Substanzen verbunden, abgelassen wird. Das Abreißen oder eigentlich das

Aussaugen der extrahirbaren Theile geht hier übrigens eben so schnell und vollkommen von statten, wie bey der hydrostatischen Presse. Kein aromatischer oder ätherisch leichter Stoff kann sich verflüchtigen, wie dies sonst bey der gewöhnlichen Extraction durch Beyhülfe von Wärme der Fall ist.

Auch die Compression der Luft hat man zum Gebrauch der Presse vorgeschlagen und kürzlich hat D. Rommershausen auch die Dampfpresse erfunden, welche mittelst eingeschlossener stark verdichteter Dämpfe wirkt.

Die Stärke des Luftdrucks in der Luftpresse läßt sich leicht (nach §. 126.) bestimmen. Betrüge die Durchschnittsfläche des Filtrums 1 Quadratfuß und wäre die Luft völlig aus dem untern Raume hinweggeschafft, so wäre die pressende Kraft einem Gewicht von 32 . 70 = 2240 Pfunden gleich, wenn man wieder pariser Maaß annimmt. Hätte man die Luft auch nur zur Hälfte verdünnt, so betrüge die pressende Kraft doch immer noch 1120 Pfund.

Mehrere Arten von Pressen sind in meiner Encyclopädie des Maschinenwesens. Th. III. VI. VII. Art. Presse und Hydraulische Presse beschrieben. Außerdem bemerke ich:

P. L. Geiger, Beschreibung der Realschen Auflösungspresse. Heidelberg 1817. 8.

J. C. Leuchs, Beschreibung und Abbildung der hydraulischen Presse. Nürnberg 1819. 8.

Magazin der neuesten Erfindungen rc. Neue Folgen No. 2. und 8. Leipzig 1817. 1820. 4. Bramahs, Reals und Murrays Pressen.

II.

Die Rammen.

§. 207.

Mit der Ramme oder Rammmaschine werden beym Grund- und Wasserbaue Pfähle sehr fest in die Erde getrieben. Zwischen einem hohen Gerüste oder Gestelle wird genau über dem einzurammenden Pfahle ein schwerer Block von Holz oder gegossenem Eisen (der Rammklotz, Fallblock, Bär oder Knecht) in die Höhe gehoben. Sobald er die höchste Stelle erreicht hat, wird er losgelassen, und nun fällt er gewaltsam herab auf den Kopf des einzurammenden Pfahls und treibt diesen dadurch eine Strecke in den Boden hinein. Diese Operation wird je nach der Größe des Widerstandes, den der einzurammende Pfahl findet, und je nach der Tiefe, bis zu welcher er in den Boden getrieben werden soll, wiederholt.

Das Emporheben des Rammklotzes geschieht bey der gemeinen Ramme oder Zugramme mittelst eines Seils oder Taues, woran viele Menschen ziehen. Unten an dem Taue befinden sich nämlich mehrere kleine Stricke, sogenannte Zugleinen, welche die Arbeiter fassen. Das Hauptta̋u aber geht oben um eine Scheibe. Bey der Spillramme, Hakenramme oder Englischen Ramme ist unten ein Kreuzhaspel oder ein Spillrad oder ein Laufrad mit dem Gestelle verbunden. Das Tau des Rundbaums ist hier über Scheiben in die Höhe geleitet und hat am andern Ende eine Art Zange oder einen doppelten Schnellhaken, welcher den Klotz nach jedem Stoße ergreift, in

die Höhe zieht und oben durch eine Auslösung ihn fahren läßt. — Die Fallhöhe, oder die Höhe, zu welcher der Klotz über den Kopf des Pfahls emporgehoben wird, kann bey der gemeinen Ramme 4 bis 6 Fuß, bey der englischen Ramme 6 bis 18 Fuß, auch wohl noch mehr betragen. Die Basis des Gestelles, worauf auch der Haspel steht, muß so groß seyn, daß kein Wanken statt findet. Je höher übrigens das Gestelle ist, desto größer macht man die Basis.

§. 208.

Das gegen 2 Zoll dicke und 100 bis 150 Fuß lange an den Klotz befestigte Rammtau ist oben um die Rammscheibe geschlagen, deren Durchmesser 2 bis 3 Fuß beträgt. Das Gewicht des Rammklotzes geht von 6 bis zu 9 Centner. Ist die Ramme eine gemeine Ramme, so bestimmt man die Anzahl der Arbeiter nach der Größe der Ramme, namentlich nach dem Gewichte des Rammklotzes und nach der Höhe, zu welcher der Klotz emporgehoben werden soll. Bey Haspelrammen macht man das eben so; man zieht nur von dem Resultate, welches die Kraft aller Arbeiter angiebt, diejenige Kraft ab, welche man durch die Winde erspart.

Die Kraft der Arbeiter besteht in der Anstrengung ihrer Arme und Füße, um Muskelkraft zugleich mit einigem Gewicht ihres Körpers wirken zu lassen. Die Summe dieser Kraft bey allen Arbeitern macht eigentlich die bewegende Kraft aus. Wird diese mit der Geschwindigkeit der Hände und Füße multiplicirt, so zeigt das Produkt das mechanische Vermögen der Arbeiter an. Multiplicirt man nun das Gewicht

des Rammklotzes mit seiner Fallhöhe, so muß dieses Produkt mit dem mechanischen Vermögen der Arbeiter in ordentlichem Verhältniß stehen, vorausgesetzt, daß in gleichen Zeiten gleich viele Rammstöße erfolgen.

Das doppelte Gewicht des Klotzes macht begreiflich auch ein doppeltes mechanisches Vermögen nothwendig. Vermehrt man die Fallhöhe, so muß nothwendig in demselben Verhältnisse auch jenes mechanische Vermögen vergrößert werden, wenn man nicht das an der Zahl der Rammstöße verlieren will, was man an der Fallhöhe gewinnt.

Bey den gemeinen Rammmaschinen nimmt man an, eine Hitze von 25 Schlägen geschehe in einer Minute bey einer Fallhöhe des Klotzes von 3 bis 8 Fuß. Zwischen jeder Hitze muß eine Ruhezeit von wenigstens einer Minute seyn. Oft nimmt man diese aber zu 4 bis 5 Minuten an. Besser ist es immer, wenn die Arbeiter Stärke und guten Willen haben, mehr Schläge in einer Hitze zu thun, weil eine mehr ununterbrochene Folge von Schlägen eine größere Wirkung erzeugt. — Die gemeine Zugramme hat in Hinsicht ihres ökonomischen Effekts meistens Vorzüge vor der englischen Ramme.

§. 209.

Bey den Zugrammen sollte man die Arbeiter nie in geraden Linien hinter einander stellen, sondern stets in concentrischen Kreisen. Ein solcher Kreis ist natürlich desto größer, je mehr Arbeiter an der Maschine angestellt sind. Alsdann wird aber auch die Richtung der Zugleinen schiefer und durch diese schiefe Richtung geht manches an der Kraft verloren. — Bey großen

Rammmaschinen, die von 40 bis 60 Arbeitern in Aktivität gesetzt werden, bestimmt man die Zahl der Arbeiter gewöhnlich so, daß jeder ohngefähr 30 Pfund vom Klotze zu ziehen hat.

Der Rammklotz fällt mit beschleunigter Bewegung (§. 14. f.). Da nun die durch einen solchen Fall des Klotzes hervorgebrachten Geschwindigkeiten sich wie die Quadratwurzeln aus den Fallhöhen verhalten, so kann man auch die Regel aufstellen (anstatt der im §. 208.): das mechanische Vermögen bey der Bewegung des Rammklotzes ist dem Gewicht des Rammklotzes mit dem Quadrate seiner durch den Fall erlangten Geschwindigkeit proportional.

Aufseher, unter dem Titel Meister, sind zum Ordnen und Commandiren der Arbeiter sehr nothwendig.

§. 210.

Man hat es in der Erfahrung angemessen gefunden, den Klotz so schwer zu nehmen, als es die Umstände oder die Stärke des einzurammenden Pfahls gestatten, und daß man (um den schiefen Zug möglichst zu vermeiden) immer besser thut, die Arbeiter ein größeres Gewicht ziehen, als den Klotz hoch heben zu lassen. Sollen eingerammte Pfähle irgend ein Gebäude tragen, so müssen sie so fest sitzen oder sie müssen an dem sie umgebenden Erdreiche einen so großen Widerstand finden, daß sie ganz und gar nicht mehr von der Last des Gebäudes sinken können. In den meisten Fällen muß jener Widerstand noch beträchtlich größer als diese Last seyn; denn wie leicht könnte er durch Zeit und Umstände

einmal nachgeben! Gewöhnlich findet man das Verhältniß der drückenden Last zum Widerstande wie 1 : 2, oder doch wie 1 : 3 hinreichend. Indessen kann es auch Fälle geben, wo jenes Verhältniß wie 1 : 10, ja sogar wie 1 : 20 gesetzt werden muß, z. B. bey hohen Thürmen, Brücken und andern Gewölben, die von Sturmwinden, Wasserwellen, großen Eisschollen, Lastwagen u. d. gl. viele harte Stöße auszustehen haben. Sind alle Pfähle gleich schwer, die Pfahlweiten überall gleich, und die Pfähle insgesammt, gleich viel Last zu tragen, bestimmt; so macht man gern das Verhältniß der Last zum Widerstande überall gleich. Wo man aber wegen Holzmangel genöthigt ist, Pfähle von verschiedener Art und von verschiedenen Dimensionen zu nehmen, da sucht man die Vertheilung der Pfähle für die Last gehörig zu bewerkstelligen.

Pfähle von leichtern Holzarten, z. B. von Ellern, Ulmen, Pappeln ꝛc. lassen sich leichter einrammen, als Pfähle von schwerem Holze, z. B. von Eichen, Buchen ꝛc.

§. 211.

Setzt man das Gewicht des Rammklotzes $= q$, die Fallhöhe desselben $= h$, das Gewicht des Pfahls $= \pi$, den Effekt des Klotzes oder den Raum, um welchen der Pfahl durch einen einzelnen Stoß des Klotzes eindringt, $= a$, den Widerstand oder die Kraft, womit das Erdreich dem Eindringen des Pfahls widersteht, $= p$, so ist

$$a = \frac{q^2 \cdot h}{p(q + \pi)}, \text{ folglich}$$

$$p = \frac{q^2 \cdot h}{a(q + \pi)}.$$

Diese Gleichungen sind von den erfahrensten Mechanikern und Architekten richtig und anwendbar gefunden worden.

Wäre $q = 1200$ Pfund, $\pi = 1043$ Pfund, $h = 4$ Fuß, $a = \frac{1}{1200} = 0{,}000833$ Fuß in der letzten Hitze; so fände man

$$p = \frac{1200^2 \cdot 4}{0{,}000833 \cdot (1200 + 1043)}$$

$$= \frac{1440000 \cdot 4}{0{,}000833 \cdot 2243}.$$

Am bequemsten kann man dies mit Logarithmen ausrechnen. Man wird dann $p = 3082800$ Pfund erhalten.

Nun kommt es darauf an, ob die von den Pfählen zu tragende Last nur halb so schwer zu seyn braucht, als jene Pfundezahl, oder ob sie nur den 3ten, oder den 10ten oder den 20sten ꝛc. Theil so schwer seyn darf, als jener Widerstand.

§. 212.

Die künstliche Maschinerie an der Hakenramme betrifft hauptsächlich die Vorrichtung zum Selbsteinhängen und Selbstauslösen des Rammklotzes. Schon des Schweden Polhems Ramme besaß ein sogenanntes Schnellwerk, welches sich von selbst in den Bär einhängte, sobald ein gewisses unten befindliches Eisen daran stieß und wo nach geschehenem Emporheben des Bärs ein gewisser oben an einem Querbalken sitzender Stab das Losspringen des Schnellwerks bewirkte, so daß der Klotz herabfallen mußte.

Es lassen sich überhaupt mehrere Einrichtungen ma-

chen, wodurch jenes Fassen und Losgehen des Rammklotzes erfolgt. Man kann z. B. an das Ende des Taues eine starke Zange befestigen, welche den Ring des Klotzes faßt und ihn in die Höhe zieht, sobald das Tau straff gezogen ist. Die obern Schenkel der Zange können sich in Hebel verlaufen, welche, wenn der Klotz seine höchste abgemessene Stelle erreicht hat, unter eigne Hervorragungen stoßen, wodurch die Zange, sich zu öffnen und den Kloß fallen zu lassen, gezwungen wird. — Daß bey Haspelrammen der Rundbaum jedesmal wieder zurückgedreht werden muß, sobald der Klotz gefallen ist, versteht sich von selbst.

Nordenskiöld, Eliander, Vauloué, Bunce, Schmidt, Löwell u. A. haben mancherley künstliche Einrichtungen oder Verbesserungen mit den Rammmaschinen vorgenommen, welche, nebst verschiedenen andern die Rammen betreffenden Vorschlägen, theils in Leupold, Belidor und meiner Encyclopädie des Maschinenwesens, theils in folgenden Werken beschrieben sind:

Abhandlungen der Königl. Schwed. Akad. d. Wissenschaften. Bd. VI. Hamburg 1751. 8. S. 40 f.; Bd. XV. 1756. S. 154 f.; Bd. XXIV. 1765. S. 150 f. Polhems, Elianders und Nordenskiölds Rammen.

J. W. Hasens Beschreibung von sieben Arten Rammmaschinen. Berlin 1771. 4.

J. E. Silberschlag, kurzgefaßte Beschreibung verschiedener Maschinen rc. Leipzig 1772. 8.

G. C. Löwell, theoretisch-praktische Beschreibung einer neu erfundenen vortheilhaften Rammmaschine. Nürnberg 1803. 4.

R. Woltmann, theoretische und praktische Untersuchungen über die Wirkung der Maschine, deren man sich bedient,

um augenblickliche Bewegungen hervorzubringen, hauptsächlich über den Effekt der Ramme zum Eintreiben der Pfähle. Göttingen 1804. 8.

Magazin aller neuen Erfindungen rc. Bd. II. Leipzig 4. S. 70 f. Rammmaschinen des Vauloué und des Bunce.

J. G. Rommerdts vollständige Beschreibung und Abbildung von einer vorzüglich brauchbaren Rammmaschine. Eisenach 1804. 8.

Sechster Abschnitt.

Die Maschinen zur Erregung eines Luftzugs und Luftwechsels.

I.

Die Luftwechselmaschinen.

§. 213.

Die Luftwechselmaschinen müssen die bösen Wetter, d. h. die schädlichen Dünste und Luftarten in Gruben und andern Gemächern herausschaffen und dafür gute Wetter oder frische Luft hineinbringen. Man nennt sie daher auch Wettermaschinen. Mehrere verdienen kaum den Namen Maschinen.

Man theilt die Wettermaschinen in Wetterblasmaschinen und in Wettersaugmaschinen ein. Jene müssen gut Wetter zuführen; diese müssen böse Wetter abführen. Zu den Wetterblasmaschinen gehören (außer den verschiedenen Arten von Ventilatoren) die Windtrommel, die Wassertrommel und der Wetterhut. Zu den Wettersaugmaschinen kann man rechnen: den Wetterofen, und den Wettersatz.

Die Windtrommel ist so eingerichtet: An einer Welle sitzende Flügel (wie Windmühlflügel) drehen sich in einer großen hohlen Trommel um und jagen die Luft zu ein Paar neben der Welle befindlichen Oeffnungen heraus. Dadurch entstehen in der Trommel beständig luftverdünnte Räume, in welche die verdorbene Luft aus der Grube hineinsteigt. Denn die Grube steht mit der Trommel vermöge einer Röhre oder Wetterlutte in Verbindung. Die in die Trommel getretene verdorbene Luft wird aber immer wieder aus der Trommel herausgeweht.

Bey der Wassertrommel steht ein Trichter vermöge einer langen Röhre mit einer Trommel in Verbindung. Die Röhre geht nach der Trommel hin immer enger zu. Fällt nun Wasser in jenen Trichter, so drängt dieses die Luft durch die Röhre in die Trommel, wo sie verdichtet durch eine eigne etwas schräge Röhre in Lutten und aus diesen in den benöthigten Ort gestoßen wird.

Der Wetterhut ist blos ein auf einer Röhre senkrecht sich drehender Kasten, der mit seiner offenen Seite nach dem Winde gedreht wird und nach Art der Ventilatoren die Luft in die Grube bläßt.

Der Wetterofen ist eigentlich keine Maschine. In einem Ofen, der durch Lutten oder vierkantige Röhren mit der Grube in Verbindung steht, wird Feuer angemacht. Das Feuer verdünnt die Luft, und dann strömen die bösen Wetter durch die Lutten herbey in die luftverdünnten Räume.

Der Wettersatz ist eine Art Saugwerk mit sehr weiten Röhren. Gewöhnlich nimmt man eine große

Tonne dazu und statt des Kolbens wendet man eine umgekehrte Tonne an, die in jene hineinpaßt. Der oben liegende Boden der letzteren enthält eine Klappe, die sich aufwärts öffnet. Die erste Tonne, oder der Stiefel wird so hoch mit Wasser gefüllt, daß die bewegliche Tonne (oder der Kolben), wenn sie ihren ganzen Hub vollendet hat, doch noch 3 oder 4 Zoll hoch mit ihrem unter Rande unter Wasser steht. Bey ihrem völligen Niedergange muß sie bis an ihren Boden ins Wasser eintauchen. Bey jedem Hube der beweglichen Tonne entsteht nun im Stiefel zwischen dem Boden der beweglichen Tonne und der Wasserfläche ein beynahe ganz luftleerer Raum, in welchen die bösen Wetter durch den Druck der Atmosphäre von unten hinauf mit Gewalt hineingetrieben werden. Beym Schube oder Niedergange der beweglichen Tonne wird diese luftförmige Masse zusammengepreßt; sie stößt daher die Tonnenklappe auf und strömt in die freye Atmosphäre.

Ein solcher Wettersatz, gewöhnlich Harzer Wettersatz genannt, weil ihn Schwarzkopf zu Clausthal im Jahr 1734 erfand, hat viele Vorzüge vor einer gewöhnlichen Saugpumpe, die man etwa zu demselben Zweck anwenden wollte. Man kann nämlich jede wasserhaltige Tonne dazu nehmen und auf diese Art sehr weite Stiefel bekommen. Der Zutritt der atmosphärischen Luft wird bey diesem Apparat weit vollkommener verhütet. Man hat keine Kosten für Kolbenliederung, und außerdem fällt auch die beträchtliche Reibung hinweg, welche sonst mit der Liederung verbunden ist. Die ganze Maschine kann überhaupt mit wenigen Kosten hergestellt werden.

II.

Die Balgmaschinen oder Gebläsemaschinen.

§. 214.

Die Balgmaschinen oder Gebläsemaschinen sind bestimmt, auf Hüttenwerken und bey andern Schmelzanstalten einen verdichteten Luftstrom in das Feuer zu blasen, um dadurch die Gluth zur erforderlichen Stärke anzufachen.

Der gemeine Blasebalg besteht aus zwey Bretern, die, in einiger Entfernung von einander, durch eine lederne Umgebung zu einem eigenen Behältniß vereinigt sind. Mit dem innern Raume dieses Behältnisses communicirt eine an der schmalen Seite der Breter angebrachte Röhre, die Deute, Diese oder Liese des Balgs. Das untere Bret oder der Boden hat ein Loch mit einer Klappe, die sich hineinwärts öffnet. Wenn nun die beyden Breter, Boden und Deckel, nahe auf einander liegen, und man zieht letzteren an seinem Handgriffe in die Höhe, so entsteht in dem Balge ein luftleerer oder luftverdünnter Raum, in welchen sogleich die äußere Luft durch das Loch des Bodens eindringt, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Drückt man hierauf den Balg wieder zusammen oder preßt man den Deckel wieder auf den Boden nieder, so wird die eingeschlossene Luft, welche das Ventil nicht wieder auf demselben Wege zurückläßt, durch die Röhre heraus ins Feuer getrieben.

Diese sogenannten ledernen Bälge werden auf Hüttenwerken gewöhnlich von Wasserrädern in Thätigkeit gesetzt. In den meisten Fällen legt man zwey Bälge

neben einander, wovon der eine zu derselben Zeit Luft schöpft, in welcher der andere bläßt, damit der Luftstrom so viel wie möglich ununterbrochen ins Feuer gehe.

§. 215.

Ein Wasserrad kann die Blasebälge auf folgende Art in Bewegung setzen. Die Welle des Wasserrades, *a* Fig. 1. Taf. V. enthält eine Kurbel *b*, von welcher ein Lenkarm *bc* in die Höhe geht. Oben ist dieser Lenkarm mit einem kurzen Arme *c* verbunden, der in einer dünnen Welle *de* steckt. Dreht sich nun das Wasserrad um, so dreht sich auch die Kurbel *b* um, folglich steigt der Lenkarm *bc* auf und nieder und die Welle *de* wird hin und her gewiegt. In zwey entgegengesetzten Stellen der Welle *de* sind ein Paar Arme *f* und *g* befestigt, welche eine horizontale Lage haben, wenn *c* horizontal ist. Wird aber *c* durch den Lenkarm auf- und nieder gewiegt, so steigen auch *f* und *g* auf und nieder, und zwar steht *g* in der Höhe, wenn *f* niederwärts steht. Von den Enden der Arme *f* und *g* gehen Leitstangen zu den Deckeln der Bälge *h* und *i* herab. Geht nun *f* hinauf, folglich zu gleicher Zeit *g* hinunter, so wird in derselben Zeit der Deckel *h* hinaufgezogen und der Balg *h* zum Saugen gebracht, wo der Deckel *i* hinuntergeht und der Balg *i* das Drücken (das Herausdrücken der Luft) verrichtet.

Sehr oft werden auch Däumlinge einer Welle (denen man am liebsten die epicycloidische Gestalt giebt) zur Bewegung der Bälge angewendet. Däumlinge (Wellfüße, fingerartige Theile in der Welle) heben nämlich den langen Arm eines Hebels empor, von

dessen kurzem Arme eine Kette in die Höhe geht. Diese Kette sitzt an dem kurzen Arme eines obern Hebels, dessen längern Arm ein Gewicht belastet. Jene Kette ist zugleich mit dem Balgdeckel verbunden. Heben nun die Däumlinge der Wasserrad-Welle den langen Arm des untern Hebels empor, so sinkt der kurze Arm desselben Hebels nieder. Die Kette zieht also den Balgdeckel und den kurzen Arm des obern Hebels niederwärts. Ist der jedesmalige Däumling unter dem langen Hebelarme des untern Hebels hinweggegangen, so steigt Kette, Balgdeckel und kurzer Hebelarm des obern Hebels wieder schnell empor, und zwar vermöge des Gewichts, das den langen Hebelsarm des obern Hebels belastet.

§. 216.

Die ledernen Bälge haben für Hüttenwerke manche Unvollkommenheiten. Da bey sehr großen Bälgen eine bedeutende Quantität Luft zusammengepreßt wird, so sind die ledernen Bälge dem Zerreißen sehr ausgesetzt. Sie erfordern daher eine sorgfältige Wartung, viele kostbare Reparaturen und dauern doch nicht über 6 oder 7 Jahre. Nimmt man schwaches Leder dazu, so läßt dieses vielen Wind hindurchgehen, wenn man es nicht beständig mit Thran oder anderm Fett schmiert. Dasselbe Schmieren ist bey dickem Leder nöthig, damit dieses nicht in den Falten breche. Auch muß man immer Schaden von Wasser und Feuer besorgen, und nach jeder, viele Zeit erfordernden Reparatur müssen die Leder erst wieder mit Thran getränkt werden. Man hat daher schon vor 200 Jahren die h ö l z e r n e n B ä l g e

oder Kastengebläse erfunden, bey welchen jene Unvollkommenheiten theils geringer sind, theils ganz hinwegfallen.

Jeder hölzerne Balg besteht aus zwey hölzernen Kasten, wovon der oberste (der Oberkasten) sich über den untersten (den Unterkasten) ohngefähr, so auf und nieder bewegen läßt, wie man den Deckel einer Dose, die ein Scharnier hat, auf- und zumacht. Nur sind bey den Bälgen die an den untern Kasten hingehenden Ränder des obersten Kastens so breit, daß sie, selbst bey der stärksten Erhebung, immer genau zwischen dem untern Kasten bleiben. In dem Boden des untersten Kastens befindet sich eine Klappe, durch welche, beym Aufwärtsziehen des obersten Kastens, Luft in den innern Raum dringt. Diese Luft wird beym Niederdrücken des obern Kastens zu der Röhre oder Deute herausgetrieben. — Das Auf- und Niederziehen des Kastens läßt man auf dieselbe Art, wie bey den ledernen Balgen (§. 215.) entweder durch eine Kurbel oder mittelst einer Kette durch Däumlinge einer Welle verrichten.

Die hölzernen Bälge, welche schon im Jahr 1620 auf dem Unterharze im Gange waren, halten wenigstens zehnmal so lange als die ledernen. Sie bedürfen nur selten, und keiner so kostspieligen Reparatur; ihre Wirkung ist viel stärker, gleichförmiger und läßt sich auch nach Umständen mäßigen. Ihr Schub ist gewöhnlich auf 4 bis 5 Fuß eingerichtet. Das beste Holz dazu ist Fichtenholz.

§. 217.

Oberkasten und Unterkasten eines hölzernen Balgs sind an ihrem schmalsten Ende, wo die Deute sich befindet, durch einen starken Bolzen mit einander verbun-

den. Damit die eingesogene Luft an keiner andern Stelle als blos durch die Deute herausdringe, so enthalten die festen und glatten Ränder des innern Kastens hölzerne bewegliche Leisten, welche durch metallene Federn dicht an die Ränder des äußern Kastens angedrückt werden, folglich den sonst unvermeidlichen Zwischenraum beyder Wände ausfüllen. Weil aber die langen und dünnen hölzernen Leisten noch nicht so biegsam seyn würden, daß sie sich überall stark genug andrücken ließen, und weil sie, wenn sie auch anfangs vollkommen genau abgehobelt wären, doch mit der Zeit allerley Krümmungen annehmen würden, so haben sie in ihrer ganzen Länge, ohngefähr in einer Entfernung von 15 zu 15 Zoll Einschnitte, die nur einen schwachen Spahn übrig lassen. Dadurch erhalten sie hinreichende Biegsamkeit, um überall sich andrücken zu können. So versagen die federnde (elastischen) Leisten dem Winde jeden unwirklichen Ausweg. Sie sitzen übrigens an einem kleinem Holze, dem Federträger fest.

Der Windschöpfer oder der 10 Zoll langen und 5 Zoll breiten viereckigten, mit Klappen bedeckten Oeffnungen sind zwey in dem untern Kasten. Zuweilen ist auch nur einer da, der dann die Größe jener beyden zusammengenommen hat. Die Deuten oder eisernen Röhre pflegen 2 Ellen lang zu seyn.

Der Schwede Widholm hat die hölzernen Bälge im Jahr 1805 sehr verbessert. — Es giebt jetzt auch Gebläsemesser (Balgprüfer), womit man die Stärke oder Menge der durch das Gebläse in einen Schmelzofen gebrachten Luft mittelst des Drucks derselben auf eine Quecksilbersäule oder Wassersäule zu beobachten oder zu messen im Stande ist.

§. 218.

Durch die Einführung der Cylindergebläse und der hydrostatischen Gebläse oder Wassergebläse, die einen eben so ununterbrochenen Luftstrom blasen, als die Feuerspritzen mit Windkessel einen ununterbrochenen Wasserstrahl ausgießen, wurden in England zuerst die Schmelzprocesse ungemein vervollkommnet. Seit 20 Jahren erkannte man die großen Vortheile dieser Gebläse auch in Deutschland. Dem Herrn Joseph v. Baader verdanken wir die Erfindung und Einführung eines eignen trefflichen Gebläses in unserm Vaterlande. Die Cylindergebläse und Baaderschen Gebläse haben bey weitem nicht die Reibung, wie die hölzernen Bälge; es geht bey ihnen auch lange nicht so viele Luft verloren, und man kann den Effekt derselben eher schätzen, berechnen und reguliren.

Zwey hohle Cylinder von Eisen oder von Kupfer, beyde unten mit einem Boden versehen, sind einen Fuß oder ein Paar Fuße von einander ringsherum eingemauert. Unter dem Boden jedes Cylinders geht durch die Mauer ein Kanal bis an die freye Luft und mit diesem Kanale ist eine durch den Cylinderboden gehende lothrechte Röhre verbunden, welcher dem Cylinder Luft von Außen zuführen kann, wenn er auch oberhalb von der Atmosphäre abgeschnitten wird. Auf ihrer obern Oeffnung bekommt diese Zuflußröhre ein nach oben sich öffnendes Klappen- oder Kegelventil. Neben dieser Zuflußröhre befindet sich in dem ausgemauerten Cylinder noch eine lothrechte Röhre, die gleichfalls durch den Boden geht und unter demselben in eine, bis in den Ofen fortgeführte Röhre eingreift. Jene lothrechte Röh-

re, Ausflußröhre genannt, hat unterhalb dem Cylinderboden zur Seite eine Klappe, welche die Communikation mit der untern zum Ofen führenden Leitungsröhre abwechselnd herzustellen und abzuschneiden dient. Die Leitungsröhre ist eigentlich aus drey verschiedenen Kanälen zusammengesetzt. Denn erst geht sie, von der Klappe der Ausflußröhre an gerechnet, in gleicher Weite cylindrisch oder parallelepipedisch fort; alsdann greift sie in ein weites Behältniß ein, und aus diesem geht das eigentliche konisch gestaltete Blasrohr in den Ofen.

Durch die Mauer, welche den Cylinder umgiebt, ist von Außen noch eine Röhre hindurchgeführt, die mit dem Cylinder nahe am Boden communicirt und vermöge welcher man den Cylinder von Außen mit Wasser füllen kann. In diesem Wassercylinder wird ein sogenannter Luftcylinder vermöge einer daran befestigten Zugstange in eine auf- und niedergehende Bewegung versetzt. Der äußere Umfang dieses Luftcylinders ist nur sehr wenig kleiner, als der innere Umfang des Wassergefäßes. In der Mitte hat der Luftcylinder eine horizontale Scheidewand, die an die Cylinderwand durchaus luftdicht anschließt. Auf dieser Scheidewand ist die lothrechte Zugstange befestigt, welche mit dem obern Ende an das eine Ende eines Waagbaums (Balanciers) befestigt ist. Auf dem andern Ende ist der Waagbaum mit einem Gewicht beschwert. Ein waagrechter Hebezapfen sitzt an der Zugstange. Dieser wird durch Däumlinge einer Welle niedergedrückt. Dadurch wird die Zugstange selbst sammt dem Luftcylinder niederzugehen gezwungen. Sobald der Däumling den Hebezapfen der Zugstange verlassen hat, so bekommt

der Waagbaum auf der andern mit dem Gewicht be≈schwerten Seite die Ueberwucht. Dadurch wird die Zugstange sammt dem Luftcylinder wieder in die Höhe gezogen. Gleich nachher aber ergreift der Däumling aufs Neue den Hebezapfen der Zugstange, drückt ihn wieder nieder; und so geht die auf≈ und niederspielende Bewegung der Zugstange und des Luftcylinders beständig fort, so lange die bewegende Kraft (z. B. das Wasserrad oder Kunstrad) wirksam ist.

Die Einrichtung und Vertheilung der Däumlinge oder Wellfüße auf der Welle wird bey den Stampf≈ und Hammermühlen (im achten Abschnitte §. 244. f.) beschrieben werden.

§. 219.

Die Wirkungsart dieses Baaderschen Gebläses selbst wird durch folgende Erklärung in die Augen leuchten. Wenn der Luftcylinder vor dem Anfange des Spiels bis zu seinem tiefsten Stande herabgelassen worden ist, so wird der Wassercylinder so hoch mit Wasser gefüllt, daß die beyden obern, gleich hohen und beym tiefsten Stande des Luftcylinders sehr nahe bis an die Scheidewand desselben reichenden, Ab≈ und Zuflußröhren nur ohngefähr 2 Zoll über dem Wasserspiegel hervorragen. Wird nun durch den Däumling der Wasserrad≈Welle der Luftcylinder emporgehoben, so schließt sich die Klappe der Ausflußröhre und durch die Zuflußröhre strömt Luft aus der Atmosphäre in den Luftcylinder. Beym Niedergange dieses Cylinders schließt sich das Ventil der Zuflußröhre, die Klappe der Ausflußröhre hingegen öffnet sich und die im Cylinder befindliche Luftmasse strömt durch die Leitungsröhre in den Ofen.

Weil die Maschine zwey Wassergefäße und zwey Luftcylinder hat, so sind auch zwey Waagbäume nöthig. Aber eine und dieselbe Wasserrad-Welle (Daumenwelle) kann das Heben der Zugstangen verrichten. Es ist auch nicht nöthig, zwey Leitungsröhren abgesondert bis an den Ofen zu führen. Beyde Leitungsröhren brauchen nur auf eine geringe Länge abgesondert fortgeführt und dann in einem gemeinschaftlich fortgehenden Conduktor vereinigt zu werden, auf ähnliche Art, wie die zu mehreren Stiefeln gehörige gemeinschaftliche Steigröhre bey einem Druckwerke.

§. 220.

Einen ganz gleichförmigen ununterbrochenen Luftstrom gewährt dieses Gebläse noch nicht. Erst durch einen Windkessel, mit welchem beyde Leitröhren verbunden sind, bewirkt man diese Gleichförmigkeit. Wie bey den Feuerspritzen die Knieröhren, so müssen dann die Leitungsröhren nahe vor dem Windkessel mit Ventilen versehen seyn, welche sich gegen den Windkessel hin öffnen. Aus dem Windkessel geht ein gemeinschaftlicher Conduktor bis in den Ofen.

Will man der Luft in dem Windkessel eine ganz unveränderliche Dichtigkeit und Elasticität verschaffen, so führt man aus dem Windkessel eine luftdichte ohngefähr 100 Fuß lange Röhrenleitung (etwa 10 bis 12 Zoll weit) mit einem Gefälle von etwa 3 Fuß abwärts in eine Cisterne, die so hoch mit Wasser gefüllt ist, daß das Wasser in der Röhrenleitung bis an den Boden des Windkessels steht. Die Cisterne muß aber wenigstens 400 Quadratfuß Oberfläche besitzen, und das

Knie oder lothrechte Stück der Röhrenleitung darf nur 3 bis 4 Zoll hoch seyn. Wird nun die Cisterne mit Wasser gefüllt, wenn der Windkessel nur noch Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit enthält, so muß die Luft im Windkessel während des Ganges der Maschine in unveränderlicher Dichtigkeit erhalten werden. Wenn nämlich die Dichtigkeit der Luft im Windkessel beym Niedergange eines Luftcylinders zunimmt, so weicht in demselben Augenblicke das Wasser unter dem Boden des Windkessels längs den Röhren hinab und steigt in die Cisterne. Nimmt im Gegentheil die Dichtigkeit der Luft im Windkessel in gewissen Augenblicken wieder ab, so tritt das Wasser aus der Cisterne wieder weiter in die Röhrenleitung herunter und sucht seinen vorigen Raum wieder auszufüllen. Dadurch wird die Luft des Windkessels wieder in einen engern Raum gebracht, folglich ihrer Verdünnung entgegenarbeitet. — Je weiter die Röhrenleitung ist, desto besser wird dieser Zweck erreicht. Nur muß der Durchmesser der Cisterne immer wenigstens 14mal so groß genommen werden, als der Durchmesser der Röhrenleitung.

Es giebt bey den englischen Eisenhütten Cylindergebläse, wo ein einziger Cylinder von 9 Fuß Durchmesser und 9 Fuß Kolbenzug, durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt, drey Oefen mit Luft versorgt. (§. 222. Anmerk.) In Frankreich wurden sie auch schon seit geraumer Zeit eingeführt. In Deutschland stand dieser Einführung besonders die Schwierigkeit im Wege, daß sie, weil alle Theile von gegossenem Eisen verfertigt und die Cylinder genau ausgebohrt seyn müssen, sehr kostspielig sind.

§. 221.

Einfacher, wohlfeiler und doch wenigstens eben so wirksam als das englische Cylindergebläse ist das Baadersche Gebläse, dessen Trefflichkeit man bald auf Baierschen, Preußischen und Sächsischen Hütten anerkannte, auf jeden Fall. Man denke sich zu noch mehrerer Deutlichkeit ein cylindrisches oder sonst beliebig gestaltetes aufrecht stehendes, oben ganz offenes Gefäß (von Kupfer oder Eisen), in dessen Boden zwey ziemlich weite Röhren senkrecht befestigt sind. Beyde gehen in das Gefäß hinein und reichen gleich hoch etwas bis über die Mitte desselben. Jede dieser Röhren ist oben mit einem Ventile versehen, wovon das eine sich aufwärts, das andere sich niederwärts öffnet. Ich will jenes Ventil das erste und seine Röhre die erste Röhre; dieses das zweyte Ventil und seine Röhre die zweyte Röhre nennen. Die erste Röhre ist unten ganz offen und endigt sich gleich außen an dem Boden; die andere aber geht unten durch den Boden hervor und steht mit einer dritten gebogenen Röhre in Verbindung, die am Ende mit einer kleinen kreisrunden Oeffnung (der Ausflußmündung oder Diesenmündung) versehen ist. Durch diese Oeffnung strömt die Luft aus. Das Gefäß wird so weit mit Wasser gefüllt, daß die beyden Röhren noch einige Zoll über der Oberfläche derselben hervorstehen. Uebrigens muß das Gefäß eine feste Stellung haben und die äußere Luft muß freyen Zutritt zu der ersten Röhre finden, die mit dem aufwärts gehenden Ventile versehen ist.

Ein zweytes kupfernes oder eisernes Gefäß, dem erstern ähnlich und auch eben so hoch, aber von etwas

kleinerem Durchmesser, oben und unten offen, hat in der Mitte eine dichte Scheidewand (einen Deckel oder Boden), in deren Mitte eine eiserne Stange senkrecht befestigt ist. Dies zweyte Gefäß wird in das erste so gestellt, daß es mit demselben einerley Achse hat und zwischen beyden noch ein Spielraum übrig bleibt.

§. 222.

Wenn man nun in der Richtung der Achse jener Gefäße das zweyte Gefäß mittelst der eisernen Stange so weit in die Höhe zieht, daß sein unterster Rand nahe an die Oberfläche des Wassers reicht, so dringt die Luft durch das erste Rohr ein, stößt das erste Ventil auf, welches oben an diesem Rohre angebracht ist, und füllt den ganzen Raum zwischen des Wassers Oberfläche und des zweyten Gefäßes Boden aus. Da das Ventil leicht und die Röhre hinlänglich weit seyn soll, so ist dieser Hubraum, bey nicht zu schneller Bewegung, am Ende des Zuges mit Luft angefüllt, welche gleiche Dichtigkeit mit der äußern hat. Daher bleibt auch während dieser aufwärts gehenden Bewegung das Wasser innerhalb des zweyten Gefäßes eben so hoch, als außerhalb desselben in dem Raume zwischen der äußern Seite des zweyten Gefäßes und der innern Seite des ersten. Dieser Stand verändert sich aber, wenn das zweyte Gefäß niedergeht, weil die Dichtigkeit der eingeschlossenen Luft im Anfange dieses Niederganges zunimmt. Nämlich das zweyte Ventil soll sich zwar leicht und gleich zu Anfange des Niedersteigens öffnen lassen; die Luft tritt aber in das zweyte Rohr und entweicht durch die enge Ausflußmündung. Aus letzterer Ursache

kann sie nicht gleich so schnell entweichen, als sie eintritt; vorausgesetzt, daß das Ventil sich gleich anfangs hinreichend weit öffnet. Bald wird sich nun die Luft in dem zweyten Rohre anhäufen und sowohl in demselben, als in dem Hubraume sich verdichten. Alsdann drückt sie stärker auf die innere Wasserfläche, als von außen her auf die zwischen den Wänden befindliche Wasserfläche gedrückt wird. Daher muß das Wasser in diesem Zwischenraume steigen, innerhalb des niedergehenden Gefäßes aber sinken, folglich muß die Luft aus der engen Ausflußmündung mit beschleunigter Bewegung ausströmen.

Dies Alles geht so fort, bis die Dichtigkeit der noch eingeschlossenen Luftmasse so groß geworden ist, daß sie vermöge ihrer Elasticität derjenigen Kraft das Gleichgewicht hält, welche das Gefäß niedertreibt. Das in dem oben erwähnten Zwischenraume emporgestiegene Wasser wird dann eine Höhe erreicht haben, die der Höhe gleich ist, welche der eben genannten Kraft zugehört. Von diesem Augenblicke an strömt die Luft mit gleichförmiger Geschwindigkeit aus und auch das zweyte Gefäß geht mit gleichförmiger Geschwindigkeit nieder. — So bleibt die Bewegung und jener Wasserstand bis zu Ende des Hubes, bis nämlich der Deckel des zweyten Gefäßes die obere Mündung der ersten und zweyten Röhre berührt. Zwey solche Maschinen, die nach Art der Bälge wechselsweise spielen, gehören nun freylich dazu, wenn der Luftstrom recht ununterbrochen seyn soll.

Bey den stärksten englischen Cylindergebläse ist, nach Baaders Erfahrungen, die Dichtigkeit der zusammengedrück-

ten Luft im Beharrungszustande nicht größer als 1,156, wenn man die natürliche Dichtigkeit der Atmosphäre = 1 setzt. Bey den gewöhnlichen deutschen Bälgen ist sie aber kaum 1,065. Die größte Höhe der Wassersäule, welche der Dichtigkeit der Luft entspricht, ist also bey jenem Cylindergebläse 5 Fuß, bey dem gewöhnlichen deutschen Gebläse 2 Fuß. Herr Baader nimmt daher bey jenem die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft zu 480 Fuß in der Sekunde, bey diesem höchstens zu 300 Fuß an. In England rechnet man für einen hohen Ofen von mittlerer Größe gewöhnlich 1600 bis 2060 Kubikfuß Luft in der Minute. Die in 24 Stunden von einem solchen Ofen verbrauchte Luftmenge würde demnach über 2000 Centner betragen. In Deutschland geben zwey ordinäre Bälge von der größten Art bey vollem Aufschlagwasser höchstens 900 Kubikfuß in der Minute mit einer weit geringern Geschwindigkeit.

§. 223.

Mit der Bewegung des Cylindergebläses vermöge einer Dampfmaschine (die etwa die Kraft von 50 Pferden haben kann) hat es folgende Bewandniß.

Das eine Ende des Dampfmaschinen-Waagbaums enthält die in den Windcylinder hineinhängende Kolbenstange. Mit demselben Ende ist noch ein anderer großer Cylinder verbunden, von dessen Ende die Kolbenstange des zweyten oder Blase-Cylinders herabhängt. Steigt nun der Kolben des Dampfcylinders (oder des großen Cylinders in der Dampfmaschine) aufwärts, so sinkt das andere Ende des Waagbaums, folglich auch der vorhin genannte zweyte Hebel sammt den Kolbenstangen des ersten Windcylinders und des Blasecylinders. Der Kolben des Windcylinders geht nahe bis an seinen untern Rand hinab und der innere Raum dieses Cylinders

füllt sich während dieser Bewegung mit Luft von der gewöhnlichen Dichtigkeit, welche von Außen durch die einwärts sich öffnenden Ventile eindringt. Wird der Kolben des Dampfcylinders durch den Dampf niedergedrückt, so steigen jene Kolben der Windcylinder in die Höhe und die in dem ersten Windcylinder eingeschlossene Luft, welche durch die nun geschlossenen Ventile unten nicht zurücktreten kann, muß jetzt oben ein Ventil aufstoßen, durch welches die Luft des ersten Cylinders in den zweyten oder Blase-Cylinder überströmt.

Aber die aus dem ersten tiefer liegenden Windcylinder eindringende Luftmenge kann durch die mit ihm verbundene und mit einem engen Blasrohr versehene Windleitung nicht schnell genug ausströmen. Daher nimmt der Grad ihrer Verdichtung mit jedem Augenblicke zu, bis sie das Uebergewicht über die Last des beschwerten Blasecylinder-Kolbens erhält. Dieser wird also durch die unter ihm angehäufte Luft allmählig gehoben, und steigt von seinem tiefsten Stande in den Blasecylinder hinauf. Dieses Steigen des Kolbens dauert auch so lange fort, als der Kolben in dem Windcylinder aufwärts gezogen wird. So wie aber dieser Kolben seinen Rückzug beginnt, und nach geschlossenem obern Ventile das Einströmen der Luft in den Blasecylinder aufhört, so fängt jener Kolben vermöge seines eignen Gewichts zu sinken an und drückt die unter ihm befindliche Luft durch die Windleitung aus, während der andere Kolben bey seinem Niedergange eine neue Luftmenge einschöpft; u. s. f. — So kann also durch dieses Spiel die Luft aus der kleinen Oeffnung der Diese ununterbrochen ausströmen.

Eigne Gebläse haben Hiemcke, Muschel, Hornblower u. A. erfunden. Auch giebt es verschiedene Arten von Blasemaschinen zu kleinerem Gebrauch, zum Löthen, zum Glasblasen, zum Schmelzen geringerer Quantitäten oft höchst strengflüssiger Körper, wie z. B. Tilleys, Powells und Clarkes Gebläse, Newmans Knallgasgebläse, u. d. gl. m.

Außer Calvörs und Cancrins Werken, meiner Encyclopädie d. Maschinenwesens (Neue Aufl. 1820. Th. I. Art. Balg, Blasemaschinen und Cylindergebläse) führe ich hier noch an:

Schlüters gründlicher Unterricht von Hüttenwerken. Braunschweig 1738. Fol. S. 51 f.

Hellerts Versuche, das in Dünste aufgelöste Wasser beym Schmelzen, statt der Blasegebälge, anzuwenden; in A. W. Köhlers Bergmännischem Journal. Freyberg 1789. 8. Bd. I. S. 93 f.

Garney, über die hohen Oefen, a. d. Schwed. von J. G. L. Blumhof, 2 Theile. Freyberg 1800. 1801. 8.

J. G. L. Blumhof und C. H. Stünkel, über die rechte Construction der Wellfüße oder Kämme, zu einem gleichförmigen Gebläse, besonders bey Hohöfen und Frischheerden, nach Rinman, Elvius rc. Leipzig 1804. 4.

J. Baader, Beschreibung eines neu erfundenen Gebläses. Göttingen 1794. 4.

Desselben Theorie des englischen Cylindergebläses; in den Neuen philosophischen Abhandlungen der Baierschen Akademie. Bd. VII. München 1797. 4. S. 131 f.

Desselben Beschreibung und Theorie des englischen Cylindergebläses, nebst einigen Vorschlägen zur Verbesserung dieser Maschinen. München 1805. 4.

W. Nicholson, Journal of natural philosophy &c. Vol. I. London 1802. 8. S. 219 f. Hornblowers Wassergebläse.

Anton Ritter von Stahlberg, praktische Darstellung des Wassergebläses zum großen Vortheil des Eisenhüttenbetriebs. Prag 1806. 4.

A. H. Hiemcke, Beschreibung einer neuen Art Gebläse rc. Altona 1807. 8.

L. Jordan und T. B. Hasse, Magazin für Eisen-Berg- und Hüttenkunde. Jahrg. I. Heft 3. Schöningen 1807. 8. Ueber die Schätzung der treibenden Kraft und die Geschwindigkeit des aus dem Gebläse strömenden Windes.

Repertory of Arts, Manufactures etc., March. 1816. 8. S. 198 f. John Streets improvements in the method of making bellows.

J. G. L. Blumhof, Encyclopädie der Eisenhüttenkunde, Bd. II. Gießen 1817. 8. S. 236 f.; 259 f.

Siebenter Abschnitt.

Die Maschinen zum Zermahlen, oder die Mahlmühlen.

§. 224.

Unter denjenigen Maschinen oder Mühlen, womit man Körper, namentlich harte Körper, zermahlt, nehmen die Mehlmühlen, d. h. diejenigen Mühlen, worauf man das Getraide zerreibt oder zerreißt und das Mehl von den hülsigten Theilen trennt, den ersten Rang ein. Denselben Mechanismus, welchen die Mehlmühlen besitzen, dieselben Haupttheile und dieselbe Art, wie diese in Aktivität gebracht werden, sieht man auch bey den meisten übrigen Mahlmühlen, z. B. bey den Gypsmühlen, Traßmühlen, Farbemühlen, Pudermühlen, Porcellanmühlen rc. angewandt.

Der Haupttheil der Mehlmühlen, und auch der meisten übrigen Mahlmühlen, ist immer ein cylin-

drischer Stein, der schnell um seine Achse läuft und mit seiner Basis über einem andern fest liegenden Steine das Zermahlen derjenigen Substanzen verrichtet, die zwischen die Flächen jener Steine gebracht werden. Einige andere Mahlmühlen haben statt solcher umlaufenden Steine, umlaufende Walzen, die mit ihrer, meistens rauh gehauenen oder gereiften krummen Seitenfläche, oder auch umlaufende Kegel, welche ebenfalls mit ihrer in einer Höhlung laufenden Seitenfläche das Zermahlen verrichten, wie z. B. manche Stärkemühlen, Lohmühlen, Malzmühlen, Gewürzmühlen, Kaffeemühlen ꝛc.

Unter Mühle überhaupt versteht man jede mit einem Räderwerk versehene Maschine, wodurch gewisse Naturprodukte zum Vortheil der menschlichen Gesellschaft (hauptsächlich mit Ersparniß von Kraft und Zeit) veredelt werden.

I.

Die Mehlmühlen im Allgemeinen.

§. 225.

Nach der bewegenden Kraft, welche die Mehlmühle treibt, giebt es Handmühlen; Thiermühlen, hauptsächlich Roßmühlen; Wassermühlen; Windmühlen und Dampfmühlen. Die Handmühlen setzt der Mensch mit Hülfe einer Kurbel in Bewegung. Die Thiermühle wird von Thieren, gewöhnlich von Pferden oder Ochsen getrieben; Pferde drehen dann meistens einen vertikalen Wellbaum um, womit das Mahlwerk verbunden ist; Ochsen aber treten ein Rad. Die Wassermühle kommt durch Wasserräder, die

Windmühle durch Windflügel in Thätigkeit. Die Dampfmühle aber wird durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt. Bey allen diesen verschiedenen Arten von Mühlen hat das Triebwerk, wodurch ein Mühlstein zum Zermalmen des Getraides über einem andern festliegenden Steine in schnelle Umdrehung kommt, in der Hauptsache immer einerley Einrichtung.

An einem horizontal liegenden Wellbaume *A*, Fig. 2. Taf. V., woran die bewegende Kraft (z. B. die Hand des Menschen mittelst einer daselbst angebrachten Kurbel, oder ein Tretrad, oder ein Wasserrad ꝛc.) wirkt, befindet sich ein Kammrad *B*, welches ein stehendes Getriebe *C* umtreibt. Die Welle dieses Getriebes verläuft sich in ein starkes Eisen, das Mühleisen, worauf der obere Mühlstein befestigt ist. In der Mitte des obern Mühlsteins, des sogenannten Läufers *aa* ist nämlich ein starkes Eisen, die Haue, eingelassen. In diesem Eisen befindet sich eine viereckigte pyramidenförmige Oeffnung, welche das gleichfalls viereckigte pyramidenförmige Ende des Mühleisens aufnimmt. Das Mühleisen durchbohrt die mit einer hölzernen Büchse versehene Mitte des festliegenden Mühlsteins oder Bodensteins *bb*. Die Büchse dieses Steins hat nur so viel Spielraum, daß dadurch die Umdrehung des Mühleisens nicht gehindert wird. So schwebt beym Umlauf des Getriebes *C* der Läufer *aa* über dem Bodensteine *bb*, ohne daß ihre beyden Flächen, die das Zermalmen des Getreides verrichten sollen, einander berühren.

§. 226.

Durch die Mitte des Läufers *aa* geht eine geräumige cylindrische Oeffnung, das Läuferauge, durch

welches die Steine das Getraide von dem trichterförmigen Behältnisse oder Rumpfe *D* empfangen. Dieser Rumpf, zwischen einem gewöhnlich schrägen Gestelle, der Rumpfleiter, ist unten schräg abgeschnitten, hat keinen festen Boden, sondern statt dessen schwebt unter seiner Oeffnung ein beweglicher Boden, der Schuh *hi*. Der Rand desselben ist mit Leisten eingefaßt, und so umgiebt er den untern offenen Theil des Rumpfes. Nur eine einzige Oeffnung hat der Schuh bey *k*, welche nach dem Läuferauge hingerichtet ist, damit dieses aus derselben das Getraide empfangen könne. Der Schuh hängt mittelst Stricken gleichfalls an der Rumpfleiter. Der eine Strick ist gewöhnlich mit einer kleinen Winde verbunden, um ihn verkürzen oder verlängern zu können, je nachdem das Loch des Schuhes mehr oder weniger (durch den untern Rand des Rumpfes) verkleinert werden soll. So hat man es in der Gewalt, weniger oder mehr Getraide in das Läuferauge hineinlaufen zu lassen.

Der Schuh muß aber gerüttelt werden, wenn das Getraide in dem Rumpfe ordentlich auslaufen soll. Deswegen geht ein elastischer Stecken *k*, der Rührnagel, von dem Schuhe, auf in das Läuferauge hinein. In dem Läuferauge ist aber ein eiserner Ring mit Zacken oder Staffeln, der Warzenring, Staffelring befestigt. Gegen die Staffeln dieses Ringes klemmt sich der Rührnagel. Wenn also nun der Läufer *aa* umläuft, so fällt der Rührnagel beständig von einer Staffel des Warzenringes auf die andere. Dadurch erhält er eine anhaltend rüttelnde Bewegung, welche sich dem Schuhe mittheilt.

§. 227.

Beyde Mühlsteine, der Läufer *aa* und der Bodenstein *bb*, haben eine cylindrische, faßähnliche Umgebung, den Lauft oder die Zarge, welche bestimmt ist, das zermalmte Getraide beysammenzuhalten und es blos zu einer einzigen Oeffnung bey *k*, dem Mehlloche, herauszulassen. Hier fängt der Mehlbeutel *cc* (gewöhnlich aus einem eignen porösen wollenen Zeuge), der schräg durch den Mehlkasten bis zu einer Oeffnung in der vordern Wand dieses Kastens ausgespannt ist, das zerrissene Getraide auf, um es zu beuteln, d. h. das Mehl durch die Poren des Beutels in den Kasten zu stäuben, die Kleye aber aus dem Sacke heraus in einen zweyten Kasten, den Kleyenkasten zu schütten.

Eine mechanische Vorrichtung, das Beutelwerk, schüttelt daher den Beutel beständig. An dem Getriebe C sind nämlich unten drey kurze eiserne Stäbe oder Zacken befestigt, an welchen sich ein Hebel *e* lehnt, der mit einem in einer kleinen Welle *d* (der Beutelwelle) steckenden Arme verbunden ist. Dieselbe Welle enthält noch einen andern Arm *f*, der nach dem Beutel hingeht und an demselben seine Befestigung hat. Mit dem Hebel *e* ist zugleich ein straff gespannter Strick (gleichsam als elastische Feder) verbunden. Dreht sich nun das Getriebe *C* schnell um, wenn die bewegende Kraft die Welle *A* und das Kammrad *B* in Umtrieb setzt, so stoßen die Zacken unter dem Getriebe beständig an den Hebel *e*, und biegen ihn. Eben so schnell springt derselbe aber vermöge der Federkraft des Stricks wieder in seine vorige Lage. Diese stete Hin- und Herbewegung des Hebels *e* theilt sich der Beutelwelle und durch

diese auch dem Arme f und dem Beutel ae mit, der nun beständig geschüttelt wird.

Das Zapfenlager für den untern Zapfen des Getriebes C befindet sich in einem beweglichen Stege oder in der sogenannten Tragebank, welche mittelst einer Schraube höher und niedriger geschraubt werden kann. Rückt dadurch das Getriebe höher hinauf, so kommt natürlich die untere Fläche des Läufers etwas weiter von der obern Fläche des Bodensteins hinweg. Alsdann drückt der Läufer weniger stark auf das Getraide und zerreißt es daher gröblicher. Ueberhaupt sollte das Zermahlen des Getraides immer nur ein Zerschneiden seyn; ein eigentliches Zerdrücken keinesweges. Dies Zerschneiden verrichten die scharfen Ecken und Kanten der Theilchen des Steins. Deswegen wählt man auch zu den Mühlsteinen möglichst harte und poröse Steine, um recht viele scharfe schneidende Ecken und Kanten zu haben. — Das Mehl ist immer desto besser, je geringer der Druck des Läufers auf das zu zermalmende Getraide war.

§. 228.

Durch das bloße Kammrad und Getriebe (wie bey Fig. 2.) kann nur ein einziger Läufer umgedreht, d. h. nur ein Mahlgang betrieben werden. Will man aber (z. B. durch ein Wasserrad) zwey Mahlgänge (zwey Läufer) in Aktivität setzen, so muß man ein Vorgelege anbringen, d. h. man muß mit der Welle A ein zusammengesetzteres Räderwerk verbinden, wodurch zwey Mühlsteingetriebe C mit zwey Mühleisen und zwey Läufern umgedreht werden. Dies kann nun auf folgende Art geschehen.

Man giebt der Welle A, woran die bewegende Kraft wirkt, statt des Kammrades B, ein Stirnrad.

Dieses Stirnrad greift an zwey gegenüber liegenden Stellen, die in einer und derselben durch die Achse der Welle gehenden horizontalen Linie sich befinden, in ein Paar Getriebe (wie man ein solches Getriebe sammt dem dazu gehörigen Räderwerk Fig. 8. Taf. II. sieht). Jede von den beyden horizontalen Wellen dieser Getriebe enthält ein Kammrad, welches in ein stehendes Getriebe greift; und jedes dieser stehenden Getriebe enthält ein Mühleisen mit dem Läufer und der übrigen Vorrichtung zum Mahlen.

Freylich gehört zur Betreibung solcher zwey Mahlgänge eine stärkere Kraft; es kommt also immer darauf an, ob z. B. ein Wasserrad (§. 110. f.) Aufschlagwasser genug hat, um den doppelten Widerstand, der durch zwey Mahlgänge entsteht, überwältigen zu können (§. 122.)

§. 229.

Kennt man den Widerstand des Getraides beym Zermahlen und hat man durch Erfahrung die vortheilhafteste Geschwindigkeit der Last gefunden, so läßt sich darnach die Mühle einrichten und ihr Effekt bestimmen. Belidor setzt jenen Widerstand des Getraides $\frac{1}{35}$ des Läufergewichts gleich, und nimmt dabey an, der gesammte Widerstand sey in einer Entfernung von $\frac{2}{3}$ des Läufer-Halbmessers von der Achse des Läufers vereinigt.

Setzt man dafür den allgemeinen Ausdruck $\frac{1}{n}$ P, wo P das Gewicht des Läufers bedeutet; setzt man ferner die Geschwindigkeit am Umfange des Wasserrades $= C$, die Geschwindigkeit der Last $= c$, die Kraft $= V$, das auf den Umfang des Wasserrades reducirte an den ver-

schiednen Theilen der Maschine haftende Hinderniß der Bewegung (vorzüglich die Reibung) = F, so ist

$$(V-F)C = \frac{1}{n}P.c;\ \text{folglich}$$

$$\frac{1}{n}P = \frac{(V-F)C}{c}.$$

Sind nun die Größen V, F, C und c gegeben, so findet man durch jene Gleichung $\frac{1}{n}P$, folglich aus dem bekannten Coefficienten $\frac{1}{n}$ auch P, oder das Gewicht des Läufers.

Will man aus dem Gewicht des Läufers seine Dimensionen bestimmen, so muß man folgendes bedenken. Hohe Läufer von kleinerm Durchmesser sind immer vortheilhafter als niedrige Läufer von großem Durchmesser. Ein Läufer von großem Durchmesser nutzt sich nicht blos schneller ab (wegen der vielen Berührungspunkte seiner großen Fläche), sondern bey ihm sind auch die Geschwindigkeiten der einzelnen Punkte der Grundfläche sehr ungleich, weshalb sie kein so gutes Mehl liefern können. Wird nämlich das Mehl zu sehr erhitzt (von denjenigen Theilen des Läufers, die bey der Umdrehung desselben so große Kreise beschreiben), so wird es klebrig. Gar zu klein dürfen die Durchmesser der Steine aber auch nicht seyn, weil sich sonst das Getraide zu kurze Zeit zwischen ihnen aufhält.

Die besten deutschen Mühlsteine haben 3 bis 5 Fuß im Durchmesser und 10 bis 24 Zoll Höhe. Die französischen hingegen haben 5 bis 7 Fuß im Durchmesser und 18 Zoll Höhe. Die Zahl der Umdrehungen eines Läufers von 3 Pariser Fuß fällt am besten zwischen 190 und 209 in einer Minute, eines solchen von 4 Fuß zwischen 112 und 132, eines von 6 Fuß zwischen 75 und 90.

§. 230.

Aus der Geschwindigkeit der Kraft (z. B. des Wasserrades) und der Geschwindigkeit des Läufers ergiebt sich die Einrichtung des Räderwerks der Mühle (nach §. 72.). Braucht z. B. das Wasserrad 2 Sekunden zu einem Umgange und soll der Läufer in einer Sekunde 2 mal umlaufen, so macht der Läufer 4 Umdrehungen während einem Umgange des Wasserrades. Diese Anzahl Umdrehungen des Läufers kommen nun heraus, wenn man dem Getriebe *C* Fig. 2. Taf. V. etwa 16 Triebstöcke und dem Kammrade *B* 64 Zähne giebt; denn $\frac{64}{16} = 4$. (Man hätte auch dem Getriebe 12 Triebstöcke und dem Kammrade 48 Zähne geben können; u. s. w.). Aus der Zahl der Zähne des Rades und der Triebstöcke des Getriebes ist nun auch das Verhältniß der Größe des Rad-Durchmessers zu der Größe des Getriebe-Durchmessers bekannt (§. 71.).

Ist die Größe des Kammrades gegeben, so zieht man mit dem Halbmesser des Rades oder seines Theilrisses (welcher auf die Mitte des Kranzes kommt) einen Kreis, theilt denselben in so viele gleiche Theile, als das Rad Zähne erhalten soll; einen solchen Theil theilt man in 7 gleiche Theile und nimmt 3 Theile davon für die Dicke der Zähne, 4 für die Zwischenräume. — Mit der Weite und Dicke der Triebstöcke der Getriebe macht man es eben so.

Uebrigens berücksichtigt man bey der Bildung der Zähne das, was §. 73. hauptsächlich in der Anmerkung desselben, bemerkt worden ist. — Das Verhältniß der Stärke einzelner Theile der Mühle aber entlehnt man am sichersten von solchen fertigen Mühlen, deren Effekt in der Erfahrung als sehr bewährt befunden worden ist.

II.

Die Wassermühlen.

§. 231.

Die *Wassermühlen* oder die Mühlen mit Wasserrädern (§. 110 - 122.) sind die besten unter allen, weil das Wasser immer mit gleicher Stärke wirkt, wenn alle dazu nöthigen Vorkehrungen mit Einsicht getroffen worden sind. Hat die Mühle ein oberschlächtiges Wasserrad, so ist sie eine *oberschlächtige Mühle*; hat sie unterschlächtige Räder, so ist sie eine *unterschlächtige*. Letztere kann nach der Verschiedenheit der unterschlächtigen Räder eine *Straubmühle*, eine *Stabermühle*, eine *Panstermühle* oder eine *Schiffmühle* seyn.

Da in kleinen Flüssen die Gewalt des Wassers nicht hinreichend seyn würde, ein unterschlächtiges Wasserrad umzudrehen, so vermehrt man die Gewalt durch ein stärkeres (*künstliches*) Gefälle. Man sucht nämlich das Wasser erst durch Stauchen und Dämmen zum Steigen zu bringen, damit es von einer größern Höhe auf die Wasserräder herabschieße. In dieser Absicht wird das *Grundwerk* quer über den Fluß, von einem Ufer bis zum andern gebaut. Der *Heerd* dieses Grundwerks ist es eigentlich, welcher das Wasser aufhält und zum Steigen bringt. Dieser Heerd besteht nämlich aus sehr starken Pfählen, die quer über den Strom, 4 Ellen weit von einander, eingeschlagen werden. Auf diesen Pfählen ruht, gleichfalls quer über den Fluß hinüber, der *Fachbaum*, ein sehr starker viereckigter Baum, welcher für das gestauchte Wasser die

höchste Fläche bezeichnet und über welchen das Wasser in das künstliche Gerinne schießt. Der Fachbaum darf nach der Wasserwaage nur einen Zoll höher gelegt werden, als der vor dem Fachbaume in einer Entfernung von etlichen Schuhen eingeschlagene und durch feste Riegel in dem Boden verwahrte Mahlpfahl, Sicherpfahl oder Aichpfahl. Man nennt jenen Zoll den Zehrzoll, Nährzoll oder Erbzoll und gründet diese Maaßregel darauf, daß der Fachbaum von dem darüber fließenden Wasser, von den Eisschollen u. d. gl. auf der obern Fläche nach und nach etwas abgenutzt wird, folglich die Höhe des gestauchten Wassers sich dadurch allmählich vermindert. Die genaue Bestimmung der Höhe des Fachbaums ist aber durchaus nöthig, weil an einem Flusse doch gewöhnlich mehr Mühlen liegen. Legte ihn der eine Müller für sein Interesse zu hoch, so würde der Obermüller zu viel, der Untermüller zu wenig Wasser haben; beyde würden also dadurch in Noth kommen; die Räder des Obermüllers würden zu tief im Wasser gehen (würden ersaufen), die Räder des Untermüllers würden nicht ordentlich in das Wasser eintauchen, folglich beyder Räder entweder gar nicht oder doch nicht ordentlich umlaufen können. Daher wird das Legen des Fachbaums und das Schlagen des Sicherpfahls immer in Beyseyn von Wasserbauverständigen, von obrigkeitlichen Personen und von Zeugen verrichtet.

Vor dem Sicherpfahle sind vier Reihen andere Pfähle eingeschlagen, wovon die erste Reihe 9 Zoll tiefer steht, als der Sicherpfahl, die zweyte eben so viel tiefer als die erste, u. s. f. bis zur vierten Reihe. Die

Zwischenräume zwischen allen Pfählen sind durch Bohlen, durch eingeschlossenen und festgestampften Thon u. d. gl. möglichst dicht ausgefüllt, damit kein Unterwaschen des Grundes statt finden könne. Zwischen die Pfähle, worauf der Fachbaum liegt, sind noch andere Pfähle eingerammt, über welchen die Schwellen oder Jochstücke ruhen. Diese befestigen den Fachbaum so, daß er dem Drucke des gegen ihn pressenden Wassers gehörig widerstehen kann. Noch eine besondere Reihe dicht an einander gesetzter Pfähle befindet sich vor dem Fachbaume. Diese Reihe erstreckt sich bis an die Ufer des Flusses.

§. 232.

Der über den Fachbaum fließenden Wassermasse muß nun ein bestimmter Weg in das Gerinne und nach den Wasserrädern hin angewiesen werden. Dazu dient das Grießwerk. Zwey auf dem Fachbaume in einer bestimmten Entfernung aufgerichtete Pfosten, die Grießsäulen, sind an ihren innern gegen einander gekehrten Seitenflächen ihrer ganzen Höhe nach eingeschnitten, so daß die Einschnitte Falzen (oder Nuthen) bilden, in welchen sich die Schütze oder das Schutzbret mittelst Hebestangen oder mittelst Ketten, die um einen kleinen Haspel gehen, auf- und niederbewegen läßt. Durch die Oeffnung der emporgehobenen Schütze strömt das Wasser in das Mahlgerinne und gegen die Schaufeln des Rades.

Das Mahlgerinne ist entweder ein geradeaus gehender oder ein gekröpfter (nach der Krümmung des Rades gebogener) aus Bohlen wasserdicht zusammen-

gesetzter hölzerner Kanal, dessen Tiefe und Breite die Höhe und Breite der Schaufeln des Wasserrades nur um wenige Zoll übertrifft. Die Entfernung der Griessäulen von einander richtet sich nach der Weite dieses Gerinnes. Man befestigt das Gerinne auf eingerammte Pfähle und darüber gelegte Schwellen. Neben dem Mahlgerinne ist noch ein zweytes, gleichfalls durch eine Schütze verschließbares Gerinne, das wüste Gerinne oder der Freylauf. Dieses Gerinne ist verschlossen, so lange die Wasserräder umlaufen. Soll die Mühle aber still stehen, folglich das Mahlgerinne verschlossen werden, so öffnet man das wüste Gerinne, um die Wasser neben den Rädern hin abzuführen.

§. 233.

Solche Mühlen, die an der ihnen einmal angewiesenen Stelle unverrückt stehen bleiben, nennt man Pfahlmühlen. Bey den Panstermühlen läßt sich das Wasserrad sammt Welle und Kammrad mittelst einer Winde höher heben und tiefer herablassen, je nachdem das Wasser sich hinter dem Rade zu viel anhäuft oder zu sehr abnimmt. Das Lager der Wellzapfen ist nämlich auf und nieder bewegbar, indem es zwischen Nuthen oder Falzen mittelst einer von der Winde getriebenen Kette auf und nieder gezogen werden kann.

Die Schiffmühle, auf großen Strömen angewandt, die sich durch keinen Grundbau stauchen lassen, ruht gewöhnlich auf zwey durch Ketten, Taue und Anker mit dem Ufer verbundenen Schiffen, dem Hausschiffe und dem Wellschiffe. Das Hausschiff trägt das ganze Mühlwerk. Auf dem (schmälern) Wellschiffe

ruht blos der eine Wellzapfen des Wasserrades. Beyde durch starke Balken vereinigte Schiffe haben zwischen sich einen Raum, worin sich das Wasserrad (das Schiffmühlenrad, §. 117.) umdreht. Da das Schiffmühlenrad langsam umläuft, indem das Wasser des Stroms blos vermöge seiner natürlichen Geschwindigkeit darauf wirkt, so muß die Schiffmühle immer ein tüchtiges Vorgelege (§. 228.) haben, um dem Läufer die erforderliche Geschwindigkeit zu geben.

III.
Die Windmühlen.

§. 234.

Soll die Mühle eine Windmühle seyn, d. h. eine solche, welche vom Winde in Bewegung gesetzt wird, so muß der von der bewegenden Kraft umgedrehte Hauptwellbaum vier Windflügel, d. h. vier große vom Winde getroffene Flügel enthalten, die der bewegenden Kraft auf die erforderliche Weise nachgeben und den Wellbaum kräftig genug um seine Achse wälzen. Jeder Flügel ist 30 bis 40 Fuß lang und verhältnißmäßig breit; denn die Größe der zu treffenden Fläche muß das ersetzen, was der bewegenden Luft an Dichtigkeit abgeht.

Die 2 Fuß dicke, 24 Fuß lange Flügelwelle hat da, wo sie zu dem Gebäude der Mühle herausragt, einen dickern Theil, den Kopf, durch welchen vier, 30 bis 40 Fuß lange, 14 Zoll breite und 8 Zoll dicke Stangen, die sogenannten Windruthen, rechtwinklicht übers Kreuz eingesteckt sind. Nach den Enden hin

laufen diese Stangen etwas verjüngt zu. Senkrecht durch jede Windruthe sind Querhölzer oder Sprossen in einerley Ebene so befestigt, daß sie zusammen ein Gerippe in Gestalt eines Rechtecks bilden. Dieses Gerippe wird mit starkem Segeltuch bezogen, auch wohl mit Schilf durchflochten, bey kleinern Windflügeln bisweilen mit dünnen Bretchen beschlagen. Denkt man sich jeden Flügel bis an die Flügelwelle verlängert, so muß die Ebene jedes Flügels mit der Achse der Welle einen spitzigen Winkel machen.

Wenn nun der Wind parallel mit der Well-Achse gegen die Ebene der Flügel strömt, so wird der Stoß des Windes gegen die Flügel in zwey Kräfte zerlegt, wovon die eine senkrecht auf die Ebene der Flügel, die andere parallel mit dieser Ebene ist (§. 16 f.). Aus der ersten Kraft entsteht eine Umdrehung der Flügel in einer Ebene, die senkrecht auf die Achse ist. Da die Ebenen der Flügel auf zwey entgegengesetzten Seiten der Welle zwar gleiche, aber entgegengesetzte Winkel mit der Welle bilden, so heben sich die Stöße auf die Flügel an den beyden Seiten der Welle nicht auf, sondern bewirken die Umdrehung der Flügel nach derjenigen Richtung hin, wo die Luftstrahlen am kräftigsten auf die Fläche der Flügel wirken.

§. 235.

Die Welle des Wasserrades erstreckt sich ganz unten, die Welle der Windflügel ganz oben in das Gebäude der Mühle hinein. Dort pflanzte sich daher die Bewegung von unten nach oben hin fort; hier muß sie sich von oben nach unten hin fortpflanzen. Die Flügel-

welle enthält (wenn kein Vorlegewerk nöthig ist) das Kammrad, dessen Zähne unten in das Getriebe greifen. Die vertikale Welle dieses Getriebes geht herunterwärts und hält unter sich den Läufer mittelst der Haue fest. Aber auch von unten ist der Läufer durch ein kurzes auf einem Zapfen laufendes Mühleisen unterstützt, das mit wenigem Spielraum durch die Mitte des Bodensteins geht. Die übrige Einrichtung des Mühlwerks bleibt dieselbe, wie bey den Wassermühlen. Der Läufer der Windmühlen ist nur größer, als der Läufer der Wassermühlen, damit er um so vollkommener die Stelle des Schwungrades (§. 75.) vertrete. Dieß ist deswegen nöthig, weil der Wind nicht immer mit einerley Stärke, sondern ruckweise bläßt.

In den meisten Fällen hat die Windmühle ein Vorlegewerk nöthig, weil sich die Flügel nicht schnell genug umdrehen. Die Flügelwelle enthält dann ein Stirnrad, das herunterwärts in ein liegendes Getriebe greift. Auf der Welle dieses Getriebes befindet sich das Kammrad, welches das stehende Getriebe mit dem Mühleisen und Läufer in Umdrehung setzt.

§. 236.

Die Wassermühle bringt man durch Herunterlassen des Schutzbrets in Stillstand. Die Windmühle muß man gleichfalls in Stillstand bringen können, wenn es erforderlich ist. Es geschieht dies durch das sogenannte Bremswerk.

Man denke sich einen hölzernen Kranz, den Bremskranz, schwebend über der Peripherie des Kammrades, so, daß zwischen ihm und der Fläche des Kamm-

rades der gehörige Spielraum bleibt, wie er zur ungehinderten Bewegung des Kammrades nöthig ist. Der Kranz, ohngefähr dem dritten Theile eines ganzen kreisförmigen Ringes gleich, sitzt an einem Hebel der andern Art, dem Bremsbaume fest, und kann mittelst desselben und eines Seiles durch einen Zug fest an das Kammrad angepreßt werden, wenn die Mühle still stehen soll. Durch den Zug eines andern Seils aber, das von demselben Bremsbaume in die Höhe und über eine Rolle geht, kann man den Kranz wieder von dem Kammrade entfernen, sobald man die Mühle wieder in Gang bringen will.

Um das Kammrad zu schonen, befindet sich auch wohl ein eignes Bremsrad an derselben Welle. An dieses drückt sich der Bremskranz an, wenn man das zugehörige Seil des Bremsbaumes zieht; u. s. f.

§. 237.

Die Windmühle muß aber auch so eingerichtet seyn, daß sich die Flügel gegen den Wind stellen lassen, dieser mag auch herkommen, woher er wolle. Zu dieser Veranstaltung giebt es zweyerley Mittel: entweder ist die ganze Mühle um eine Achse beweglich; oder blos das Dach der Mühle mit dem Windflügel läßt sich herumdrehen. Erstere Art von Windmühlen nennt man deutsche Windmühlen; letztere nennt man holländische Windmühlen.

Bey der deutschen Windmühle, welche man auch Bockmühle nennt, ist das Gebäude ganz leicht von Bretern gebaut. Es ruht auf einem dicken vertikalen Wellbaume, der unten einen in einer Pfanne lau-

bey schwächerm Winde gehen. — Auch dem Auge bietet sie eine gefälligere Gestalt dar.

Das Räderwerk zu der horizontalen Windmühle ist leicht einzurichten. Hat man kein Vorgelege nöthig, so braucht die vertikale Flügelwelle nur ein Stirnrad zu enthalten, welches in ein stehendes Getriebe (das Mühlsteingetriebe) greift. — Die horizontalen Windmühlen sind noch selten, weil eine vollkommene Construction der Flügel immer mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

IV.

Handmühlen und Roßmühlen.

§. 239.

Denkt man sich alle Theile der Mühle Fig. 2. Taf. V. kleiner und statt des Wasserrades *A* ein Schwungrad mit Handgriff (§. 75.) an der Hauptwelle, so ist die Mühle eine Handmühle. Hat die Welle (statt des Handgriffs an dem Schwungrade) eine ordentliche Kurbel, so verbindet man mit dieser Kurbel wohl eine Stange oder einen Schwengel, woran man die Kurbel umdreht, indem man den Schwengel nur hin- und herzieht.

Es giebt auch Handmühlen ohne gezahntes Räderwerk. Bey diesen ist das Mühleisen über oder unter den Steinen gekröpft oder kurbelartig gebogen (§. 75.) und an dieser Kurbel ist dann der Schwengel angebracht. — Am meisten werden die Handmühlen auf einzeln liegenden Gütern zum Mehlmahlen angewendet.

§. 240.

Mühlen mit Treträdern und Laufrädern (§. 137 f.) baut man selten. Die gewöhnlichen Roßmühlen

oder Pferdemühlen, wie man sie auf großen Oekonomien, in belagerten Festungen ꝛc. anwendet, sind auf folgende Art eingerichtet.

Ein Pferd (auch wohl ein Paar Pferde) dreht einen vertikalen Wellbaum eben so um, wie den Rundbaum eines Pferdegöpels (§. 145 f.). Dieser Wellbaum enthält ein großes Stirnrad, welches in ein stehendes Getriebe greift. Letzteres enthält das Mühleisen sammt dem Läufer. Spannt man zwey Pferde an den Hebel (die Deichsel) des Rundbaums, so kann man wohl zwey stehende Getriebe auf zwey entgegengesetzten Seiten in das Stirnrad eingreifen lassen, folglich zwey Mahlgänge in Aktivität bringen. — Die ganze Maschinerie zum Mahlen ist hier übrigens wieder dieselbe, wie bey andern Mahlmühlen und was die Länge des Hebelsarms und den Gang des Pferdes betrifft, so finden dabey dieselben Anordnungen und Regeln wie bey dem Pferdegöpel (§. 145.) statt.

Unter den Roßmühlen sind noch die Feldmühlen oder Wagenmühlen bemerkenswerth. Von dem Wagen, der die Mühle trägt, werden, wenn an irgend einer Stelle gemahlen werden soll, die Räder entfernt und die Pferde an den langen herunterwärts geschweiften Hebel des Rundbaums gespannt. Indem sie nun stets in einem Kreise um den Wagen herumgehen, so setzen sie die ganze Maschinerie der Mühle in Bewegung.

V.

Die Dampfmühlen.

§. 241.

Dampf-Mehlmühlen, welche trefflich die Stelle von Handmühlen und Roßmühlen vertreten und

da mit Nutzen angewendet werden könnten, wo es an Wasser- oder Windmühlen fehlt, sind noch zur Zeit sehr selten in Deutschland. Die Dampf-Mehlmühle ist eine gewöhnliche Mehlmühle, wie Fig. 2. Taf. V., welche von einer Dampfmaschine (Zwölfter Abschn.) betrieben wird. Selbst in England, wo die Dampfmaschine die Kraft zu so vielen Bearbeitungen hergeben muß, wird sie zur Mehlbereitung gerade am wenigsten gebraucht.

Es kommt bey den Dampf-Mehlmühlen darauf an, daß eine Welle der Mühle, wie *A* Fig 2., durch die auf- und niedersteigende Kolbenstange des Hauptcylinders der Dampfmaschine in Umdrehung versetzt wird. Dies geschieht, wenn man jene Stange unmittelbar oder durch Hülfe eines kleinen Gestänges (nach §. 74 f.) mit einer Kurbel verbindet, welche an der Achse der umzudrehenden Welle festsitzt. Hat man einmal eine drehende Bewegung erhalten, so fällt die übrige Einrichtung der Mühle nicht schwer mehr.

Die verschiedenen Arten von Mahlmühlen werden oft auch blos zum Schroten oder Zerreißen des Getraides (zu Grütze, zu Malzschrot, zu Viehfutter 2c.) angewendet. Alsdann braucht man nur das Beutelwerk von der Mühle hinwegzunehmen. Man hat auch eigne Grützmühlen zum Enthülsen, Zerreißen, Abrunden und Sieben der Gerstenkörner, deren Haupttheil ein Läufer ist, der mit seiner cylindrischen Seitenfläche mahlt, indem er in geringer Entfernung von der mit reibeisenförmigem Blech beschlagenen Wand der Zarge herumrollt. Das Siebwerk und das Windwerk dazu (letzteres zum Hinwegwehen der Hülsen und des abgeriebenen Mehls von den Körnern, ersteres zum Sortiren der Körner) setzt gleichfalls die Mühle in Bewegung.

Außer meiner Encyclopädie des Maschinenwesens Th. III. Art. Kornmühlen, Belidors, Karstens und Langsdorfs Hydraulik führe ich noch folgende Schriften an, die sich zum Theil nicht auf Mehlmühlen allein, sondern auch auf andere Mühlen beziehen:

J. M. Beyer Theatrum machinarum molarium oder Schauplatz der Mühlenbaukunst. 3 Theile. Neue Aufl. Dresden 1767. 1788. Fol.

Fabre, Versuch über die vortheilhafteste Bauart hydraulischer Maschinen, insbesondere der Getraidemühlen; a. d. Französ. übers. von A. F. Lüdicke. Leipzig 1786. 8.

J. C. Huth, die nöthigsten Kenntnisse zur Anlegung, Beurtheilung und Berechnung der Wassermühlen. Halle 1787. 8.

C. C. A. Behrens praktische Mühlenbaukunst. Schwerin 1789. 4.

Lor. Claußen, praktische Anweisung zum Mühlenbau. Leipzig 1792. 4.

Adam Melzers neu verbesserte Mühlenbaukunst. 4 Theile. Merseburg 1793. 1805. 8.

O. Evans, the young Mill-Wright and Millers-Guide. 5 Vol. Philadelphia 1794. 8.

J. G. Hofmann, der Wassermühlenbau. Königsberg 1800. 8.

Dessen Anleitung zur Verzeichnung der Kämme des Räderwerks in Mühlen 2c. Königsberg 1802. 8.

J. Banks Abhandlung über die Mühlwerke; a. d. Engl. von Zimmermann. Berlin 1800. 8.

H. G. Flörcke vom Mühlenbau und Mühlenwesen. 2 Theile. Berlin 1804. 8.

F. Koch, praktische Anweisung zur Mühlenbaukunst. Anspach 1810. Fol.

H. Ernst, Anweisung zum praktischen Mühlenbau. 7 Theile. Neue Aufl. Leipzig 1818. 8.

Achter Abschnitt.
Die Maschinen zum Zerstampfen.

§. 242.

Die Maschinen zum gewaltsamen Zerstampfen von Körpern, um diese zu zerkleinern oder zu zerdrücken, auch wohl (wie bey den Walkmühlen und Hammerschmiedewerken) Körper zu verdichten und zu strecken, sind entweder Stampfmühlen, Stampfwerke; oder Hammermühlen, Hammerwerke. Bey den Stampfmühlen werden sogenannte Stampfer oder Stempel, d. h. perpendikulair stehende Balken von irgend einer bewegenden Kraft in die Höhe gehoben, damit sie gleich hinterher durch ihr eigenes Gewicht wieder niederfallen und auf die unter ihnen in eignen Gruben liegenden Körper wirken. Die Oehlmühlen, Pulvermühlen, Lohmühlen und Erzpochmühlen sind meistens solche Stampfwerke. Die Hammermühlen haben schwere Hämmer, welche sich an einem langen Stiele befinden und welche, nachdem sie von der bewegenden Kraft emporgehoben waren, gleichfalls durch ihr Gewicht wieder niederfallen und die unter ihnen liegenden Körper verarbeiten. Zu ihnen gehören vorzüglich die Papiermühlen, die Walkmühlen und die Eisen- Kupfer- und Messing-Schmiedwerke.

Kalkstampfmühlen, Porcellanstampfmühlen, Tabackstampfmühlen, Grütz- und Hirsemühlen, eine Art Dreschmühlen, Prägemühlen und noch mehrere andere Stampfmühlen kann man ebenfalls hierher rechnen.

I.

Die eigentlichen Stampfmühlen mit Stampfern.

§. 243.

Jeder Stampfer besteht aus einem Balken *ab* Fig. 13. Taf. V. der sich in einer lothrechten Linie auf- und niederbewegt. Damit er dies könne, ohne zu schwanken, so ist er oben und unten bey *b* und *a* von Scheidelatten eingeschlossen, die ihm nur den zu seiner Bewegung nöthigen Spielraum lassen. Der Stampfer reibt sich freylich an den Wänden dieser Latten. Man kann aber diese Reibung dadurch verringern, daß man an den Scheidelatten kleine Röllchen anbringt, die sich um ihre Achse drehen. An der Peripherie dieser Röllchen streift dann der Stampfer heraus.

An einem Zapfen *f*, die Hebelatte, wird der Stampfer von den Däumlingen, Füßen oder Zapfen einer Welle *c* emporgehoben. Jeder Däumling streift unter der Heblatte *f* hin und hebt dieselbe sammt dem Stampfer empor. Ist er unter der Latte hingegangen, so fällt der Stampfer vermöge seines eignen Gewichts wieder nieder und zerarbeitet diejenigen Materien, welche unter ihm in einer Grube *ee* liegen. — Die Daumenwelle *c*, worauf die Däumlinge vertheilt sind, ist entweder die Wasserradwelle selbst, oder eine andere horizontal liegende Welle.

Die Länge der von Weißbuchen- oder Ahornholz verfertigten Stampfer geht von 10 bis 24 Pariser Fuß. Bey Oehlmühlen ist ihre Breite gewöhnlich 5 Pariser Zoll, ihre Dicke 4 Zoll. Bey Pulvermühlen macht man sie meistens 4 Zoll breit und dick. Die Stampfer

der Oehlmühlen sind unten glatt, diejenigen der Lohmühlen scharf mit Eisen beschlagen (beschuhet). Die Stampfer der Pulvermühlen hingegen sind unten gewöhnlich so mit Messing beschlagen, daß das Holz unten noch hervorragt. Bey den Oehlmühlen und bey manchen andern Stampfmühlen ist jede Grube auf ihrem Boden mit einer eisernen, bey den Pulvermühlen hingegen mit einer messingenen Platte belegt, oder mit einem Klötzchen von Hainbuchenholz, dem sogenannten Spiegel versehen. Die Grube selbst ist immer kugelförmig oder eyförmig gewölbt. Mehrere solcher Gruben befinden sich in einem sehr starken parallel mit der Daumenwelle gelegten Baume, dem Grubenstocke oder Löcherbaume. In jeder Grube arbeiten zwey abwechselnd gehobene Stampfer. Pochwerke enthalten keinen Löcherbaum mit runden Gruben, sondern einen Pochtrog, d. h. ein Behältniß mit zwey oder drey Abtheilungen.

Das Eisen, womit ein Pochstempel in Pochwerken beschuhet ist, wiegt 70 bis 115 Pfund. Ein ganzer Pochstempel von 12 Fuß Länge, 6 Zoll Breite und Dicke hat sammt dem Eisen 180 bis 225 Pfund an Gewicht.

Für Pulvermühlen ist es am besten, wenn man die Stampfer gar nicht mit Metall beschlägt. Man giebt ihnen einen hölzernen unten durch hölzerne Schrauben befestigten Schuh, den man jedesmal leicht mit einem neuen vertauscht, wenn er abgenutzt ist.

§. 244.

Zur Ersparniß von Kraft, zu einer gleichförmigen Ueberwältigung der Last oder des Widerstandes der zu verarbeitenden Körper und zur Verhütung des zu frü-

hen Abnutzens der Maschinentheile, ist es durchaus nothwendig, daß immer nur ein Stampfer zu gleicher Zeit anfängt in die Höhe zu gehen, daß immer nur einer nach dem andern emporsteigt, und daß stets nur einerley Anzahl Stampfer im wirklichen Steigen begriffen ist. Man muß also besonders verhüten, daß mehr wie ein Däumling auf der Welle in einer und derselben mit der Achse der Welle parallelen Linie sich befindet, weil sonst die Welle zu sehr von den Stampfern belastet werden würde. Man trifft deswegen zur Vertheilung der Däumlinge folgende Maaßregel.

Man theilt an beyden Enden der Wellen den Umkreis (360 Grade) in so viele gleiche Theile ein, als die Welle Däumlinge bekommen soll. Der Quotient bestimmt dann begreiflich den Winkel, den zwey zunächst liegende Däumlinge mit einander machen (oder den Bogen des an der Well-Achse gebildeten Winkels). Multiplicirt man die Anzahl der Stampfer, welche die Mühle enthalten soll, mit der Zahl der Hebungen jedes Stampfers bey einem Umlaufe der Welle, so zeigt das Produkt die Anzahl der auf die Welle zu setzenden Däumlinge an. Wenn die Mühle z. B. 12 Stampfer bekommen, und jeder Stampfer während einer Umdrehung der Welle zweymal gehoben werden soll, so muß die Anzahl der Däumlinge 2 . 12 = 24 seyn. Alsdann ist der Winkel zweyer zunächst liegenden Däumlinge $\frac{360°}{24}$ = 15 Grade.

Man theilt jetzt an jedem Ende der Welle zwey Umkreise derselben in 24 gleiche Theile, und läßt diese Theile auf den beyden Umkreisen so mit einander corre-

spondiren, daß eine gerade Linie von einem Theilungs-
punkte des einen Kreises bis zu einem gegenüber lie-
genden Theilungspunkte des andern Kreises parallel mit
der Well-Achse ist. Man zieht an der Welle heraus
durch die zusammengehörigen Theilungspunkte von ei-
nem Umkreise zum andern die geraden Linien, welche
man nach der Reihe durch 1, 2, 3, u. s. w. bezeichnen
kann. Quer durch diese Linien zieht man auf dem Um-
fange der Welle so viele unter sich parallele Kreise, als
die Anzahl der Stampfer beträgt; hier also 12. Die
Entfernung dieser Kreise von einander macht man dem
Abstande der Mittellinien der Stampfer von einander
gleich. Nennt man die Kreise nach einander *a, b, c, d*
u. s. w. so geben die Durchschnittspunkte des ersten
Kreises mit der ersten geraden Linie *a* 1, des zwey-
ten mit der zweyten geraden Linie *a* 2, des dritten
mit der dritten geraden Linie *a* 3 u. s. w. die Stellen
an, wo man die Däumlinge auf die Oberfläche der
Welle hinsetzen muß.

§. 245.

Von der Größe des Erhebungswinkels *fcd* Fig. 3.
hängt es ab, wie viele Stampfer von Däumlingen der
Welle zugleich gehoben werden sollen. Man bestimmt
diese Größe des Winkels durch die Länge des Däum-
lings oder vielmehr seiner Eingreifung *id* an der Hebe-
latte *f*; d. h. durch den Quersinus (sinus versus) des
Erhebungswinkels. Selten macht man diese Winkel
größer als 60 Grade. Gesetzt er betrüge 45 Grade.
Dividirt man ihn nun durch denjenigen Winkel, wel-
cher die Däumlinge zweyer zunächst liegenden Stamp-

fer mit einander machen; so giebt der Quotient $\frac{45}{15} = 3$ die Zahl der Stampfer an, welche von der Welle zugleich in Bewegung gesetzt werden. Der zweyte Stampfer wird hier also von der Welle ergriffen, wenn der erste schon 15 Grad gehoben ist; der dritte wird ergriffen, wenn der erste um 30 Grade; der vierte, wenn der erste um 45 Grade gehoben ist. Alsdann verläßt der erste den Däumling wieder und fällt durch sein eignes Gewicht herab.

Wenn ein Stampfer während einer Umdrehung der Welle mehrmals gehoben werden, folglich in einen und denselben Umkreis der Welle mehr als ein Däumling zu stehen kommen soll; so darf der Erhebungswinkel nicht größer seyn, als daß der Stampfer durch die Höhe fi wieder herabfallen kann, ehe der nächste Däumling g die Stelle if erreicht.

§. 246.

Gesetzt, der Däumling ergreife die Hebelatte zuerst in der horizontalen Lage id; alsdann ruht die ganze Last des Stampfers ab, die ich Q nennen will, auf dem Däumlinge, und die Richtung der Kraft fällt mit der Richtung der Last in eine und dieselbe lothrechte Linie. Der Däumling schiebt nun die Hebelatte sammt dem Stampfer allmählig höher und bildet dann mit der Horizontallinie ci den Erhebungswinkel, der immer größer wird. Je mehr dieser Winkel wächst, desto mehr weichen die Richtungen der Kraft und Last von einander ab. Die Last bleibt dabey stets lothrecht, die Kraft aber nähert sich immer mehr und mehr der waagrechten Richtung. Begreiflich drückt der Bogen df den

Weg der Kraft, der Sinus if den Weg der Last aus. Da nun die Sinusse um immer kleinere Theile wachsen, wenn die Winkel oder Bögen um gleiche Theile zunehmen, Kraft und Last aber sich umgekehrt wie ihre in gleichen Zeiten beschriebenen Wege verhalten, so folgt hieraus, daß das Moment der Last (oder die Gewalt, womit die Last der Kraft widersteht) mit der zunehmenden Erhebung des Stampfers immer geringer wird. Auch dies ist ein Grund, den Erhebungswinkel nicht zu groß zu machen und die Däumlinge auf der Welle so zu vertheilen, daß, wenn sie mehrere Stampfer zugleich heben müssen, sie dies doch unter verschiedenen Erhebungswinkeln thun. Gleichförmigkeit und Leichtigkeit der Bewegung wird dadurch ungemein befördert.

Das mittlere Verhältniß zwischen Kraft und Last wäre $= fd : fi = \frac{fi}{fd}$

oder $=$ Bog. z : sin. z

$= \frac{\text{sin. } z}{\text{Bog. } z}$,

wenn z den Erhebungswinkel des Stampfers bedeutet. Setzt man ferner die an dem Halbmesser der Däumlinge beschäftigte Kraft $= P$ und die Zahl der zugleich gehobenen Däumlinge $= n$, so ist

$$P = nQ \cdot \frac{\text{sin. } z}{\text{Bog. } z}$$

Setzt man $z = 45°$, $Q = 150$, $n = 3$, so ist

$$P = 3 \cdot 150 \cdot \frac{0{,}707}{0{,}785};$$

weil für den Halbmesser 1 der Sinus von 45 Graden $= 0{,}707\ldots$; der Bogen von $45° = 0{,}785$.

§. 247.

Der Stoß der Stampfer hängt immer von dem Gewicht derselben und von der Höhe ab, von welcher sie herabfallen. Die lothrechte Linie fi stellt diese Höhe vor. Aber immer ist es vortheilhafter, wenn man zur Verstärkung des Stoßes lieber das Gewicht des Stampfers, als seine Fallhöhe vermehrt.

Setzt man bey einer alten gut angelegten Mühle (einer Mustermühle) die Stärke des Stoßes $= V$, die Fallhöhe des Stampfers $= H$, das Gewicht des Stampfers $= Q$, und drückt man dieselben Größen für eine neu zu erbauende Stampfmühle mit den kleinen Buchstaben v, h und q aus, so ist

$$v : V = q.\sqrt{h} : Q.\sqrt{H},$$

d. h. die Stärke der Stöße verhalten sich zu einander wie die Produkte aus den Gewichten q und Q mit den Quadratwurzeln der Höhen h und H. — So kann nun nach obiger Proportion das Gewicht q des Stampfers für die neu zu erbauende Mühle gefunden werden, wenn man die Größen Q und H bestimmt hatte.

Wäre z. B. bey einer alten Mühle $Q = 80$ Pfund, $H = 16$ Zoll, und bey der neuen Mühle sollte h kleiner, etwa 9 Zoll seyn, so setzt man

$$v : V = q.\sqrt{9} : 80 . \sqrt{16}$$
$$= 3q : 80 . 4$$
$$= 3q : 320.$$

Hat man nun in der Erfahrung die Stärke V des Stoßes bey der alten Mühle hinreichend wirksam gefunden, so kann man für die neue Mühle $v = V$ setzen; alsdann wäre $3q = 320$, folglich $q = \frac{320}{3} = 106\frac{2}{3}$.

Es übt demnach ein 106⅔ Pfund schwerer Stampfer, der aus einer Höhe von 9 Zoll herabfällt, einen eben so starken Stoß aus, als ein Stampfer von 80 Pfund, dessen Fallhöhe 16 Zoll beträgt. Aber der Stampfer von 106⅔ Pfund wird auf die Höhe von 9 Zoll mit viel geringerm Verlust von Kraft emporgehoben, als der 80 Pfund schwere auf die Höhe von 16 Zoll.

Die Zahl der Stöße, welche jeder Stampfer in einer Minute machen soll, kann man auch von einer gut angelegten alten Mühle entlehnen. Kennt man diese Zahl und weiß man, wie viele Umdrehungen das Wasserrad in einer gewissen Zeit (also auch in einer Minute) macht, so kann man darnach leicht die erforderliche Geschwindigkeit der Daumenwelle einrichten (§. 72.) und die Däumlinge auf der Welle vertheilen (§. 244.).

Man gewinnt allerdings sehr merklich an Kraft, wenn man die Däumlinge nach der Epicycloide (§. 73. Anmerk.) abründet; noch mehr, wenn man zugleich, statt der gewöhnlichen Heblatte *f* Fig. 3., eine kleine um ihre Achse laufende Rolle oder Walze mit dem Stampfer verbindet.

II.

Stampfwerke mit Hämmern oder Hammerwerke.

§. 248.

Die Hammerwerke unterscheiden sich von den Stampfwerken mit Stampfern vorzüglich dadurch, daß schwere hölzerne oder eiserne Hämmer, welche an langen Stielen oder Hebeln sitzen, von den Däumlingen einer Welle gehoben werden und dann ebenfalls vermöge ihres Gewichts entweder auf einem Amboße oder in Gruben oder Löchern niederfallen, worin sie Materialien verarbeiten.

Es giebt zweyerley Methoden die Hämmer in Bewegung zu setzen. Entweder ist der Hammerstiel ein ungleicharmiger Hebel der ersten Art, wie Fig. 4. Taf. V., oder ein Hebel der andern Art, wie Fig. 5. Bey jenem wird der kurze Hebelsarm ac durch die Däumlinge der Welle *d* niedergedrückt und dann geht der Hammer *b*, welcher am Ende des langen Hebelsarms *cb* sich befindet, in die Höhe. Sobald der Däumling den Hebelsarm *ac* verlassen hat, so fällt der Hammer vermöge seines eignen Gewichts nieder. Diese niederfallende Gewalt wird oft noch durch eine (als Feder drückende) elastische Preßstange verstärkt, welche sich auf die obere Seite des langen Hebelsarms preßt. — Solche Hämmer findet man in Eisen- Kupfer- und Messingschmiedewerken (den eigentlichen Hammerwerken oder Hammerhütten).

Bey der andern Art Hämmer Fig. 5. ist *c* der Umdrehungspunkt des Hammerstiels, *b* der Hammer und an dem Vorsprunge *a* verrichten die Däumlinge das Heben, indem sie von unten kommen. Die Kraft wirkt also hier hinaufwärts, während die Last (der Hammer *b*) herunterwärts wirkt. — Die Papiermühlen und Walkmühlen haben solche Hämmer. Bey den Walkmühlen geht der Hammerstiel von dem Umdrehungspunkte an etwas schräg herabwärts und der Hammer hat unten Stufen zum bessern Fassen und Umwenden des in der gewölbten Grube liegenden Tuchs. Die Ecken und Kanten dieser Stufen dürfen aber nicht scharf seyn.

§. 249.

Gesetzt, der Hammer *ac* Fig. 5. liege waagrecht,

sein Schwerpunkt liege in f, sein Gewicht heiße Q und die zum Gleichgewicht mit diesem Gewicht nöthige Kraft heiße P. Sieht man nun den Hammer so an, als wenn sein ganzes Gewicht Q im Schwerpunkte vereinigt wäre, und setzt man die Reibung zur Seite, so ist (§. 39.)

$$P : Q = fc : ac; \text{ folglich ist}$$

$$P = \frac{Q \cdot fc}{ac}.$$

Bey dem Hammer Fig. 4., der seinen Umdrehungspunkt in c hat, ist

$$P : Q = bc : ac; \text{ folglich ist (§. 35.)}$$

$$P = \frac{Q \cdot bc}{ac}.$$

Die Reibung in c Fig. 4. ist größer, als die Reibung in c Fig. 5. Denn wenn auch die Hämmer b Fig. 4. und 5. von gleichem Gewicht angenommen werden, so ist doch in c Fig. 4. wegen der kleinern Entfernung vom Umdrehungspunkte eine größere bewegende Kraft nöthig, als in c Fig. 5.; deswegen muß daselbst auch wohl eine stärkere Reibung statt finden. In c Fig. 5. hängt die Reibung nur von dem Gewicht des Hammers ab; in c Fig. 4. aber entsteht sie sowohl von dem Gewicht des Hammers, als auch von der in a abwärts drückenden Kraft des Däumlings. Hier ist also auch eine größere Kraft nöthig, um die Reibung zu überwältigen.

Auch die Däumlinge der Hammermühlen sollten immer nach der Epicycloide abgerundet seyn. Beyer bestimmt die Höhe des unterschlächtigen Wasserrades für eine Hammermühle zu 16 Fuß, das lebendige Gefälle zu 10 Zoll. Bey

der Papiermühle soll jeder Hammer 6 mal, bey der Walkmühle 5 mal während jeder Umdrehung des Wasserrades gehoben werden, so daß die dreyhübige Daumenwelle bey der Papiermühle gerade 2, bey der Walkmühle 1⅔ Umdrehungen während einer Umwälzung des Hauptrades macht. Nach dieser Voraussetzung würde also die Daumenwelle der Walkmühle in 4 bis 8 Sekunden einen Umlauf, folglich in einer Minute 8 bis 11 Umläufe vollenden. Die Daumenwelle der Papiermühle aber soll in 4½ bis 6⅔ Sekunden einen Umlauf machen, folglich in der Minute 11 bis 14 mal umlaufen.

Alle allgemeine Werke über Mühlen, wie Beyer, Melzer, Ernst ꝛc. handeln auch von Stampfmühlen. Außerdem findet man darüber mancherley Belehrungen in den bekannten hydraulischen und mechanischen Schriften des Belidor, Münnich, Karsten, Langsdorf u. a.

Neunter Abschnitt.

Die Maschinen zum Zerschneiden.

§. 250.

Es giebt mancherley Arten von Schneidemaschinen oder von Maschinen, die eine Trennung von Körpern in zwey oder mehr Theile genau und schnell bewirken sollen. Die Art des Schneidens ist bey ihnen verschieden; bey einigen ist das von der Maschinerie in Bewegung gesetzte Instrument eine Säge; bey andern ein Messer; wieder bey andern eine Scheere; noch bey andern eine Feile. Die Schneidemaschinen mit der Säge heißen Sägemühlen. Sie sind unter allen die wichtigsten. Zu den Schneidemaschinen mit Messern gehören die Strohschneidemaschinen, die

Tabackschneidemaschinen, die Kraut- und Rübenschneidemaschinen ꝛc. Zu den Schneidemaschinen mit Scheeren kann man die Blechschneidemaschinen, die Tuchscheermaschinen ꝛc. rechnen; zu den mit Feilen die Eisenschneidwerke, die Räderschneidmaschinen ꝛc.

Blos die Sägemühlen werde ich hier abhandeln; die übrigen Arten von Schneidemaschinen überlasse ich der Technologie. — Sowohl bey den Sägemühlen, als auch bey allen übrigen Arten von Mühlen gilt in Hinsicht der bewegenden Kraft (z. B. der besten Benutzung des Wassers) dasselbe, was bey den Mahlmühlen statt findet.

I.

Die gewöhnlichen Holz-Sägemühlen.

§. 251.

Die Holz-Sägemühlen sind bestimmt, Baumstämme in Breter, Dielen, Pfosten und Latten zu zerschneiden, nachdem man ihnen die gehörige Länge gegeben, oder sie zu Sägeblöcken gebildet und auf einer ihrer Grundfläche ihre Dicke mit Röthel verzeichnet hatte. Bey dieser Verzeichnung rechnet man auf die Dicke jedes einzelnen Brets oder jeder Diele ⅛ Zoll mehr, welches beym Sägen in die Spähne fällt.

Es müssen bey der Sägemühle zweyerley Hauptbewegungen erzeugt werden: 1) die Säge muß zum Zerschneiden beständig auf- und niederspielen; und 2) der Sägeblock muß der Säge, nach jedem Heruntergange derselben, stets für einen neuen Schnitt entgegenrücken. Ist der Schnitt durch die ganze Länge des Sägeblocks geschehen, so muß die Maschine sogleich still stehen;

man muß den Block wieder zurückführen können um ihn möglichst schnell zu einem neuen Schnitte vor die Säge zu legen, deren Spiel auch in demselben Augenblicke wieder beginnt. — Gewöhnlich ist die Sägemühle auch so eingerichtet, daß sie die zu sägenden Bäume von selbst in die Mühle zieht.

§. 252.

Die Säge, welche das Zerschneiden des Blocks verrichten soll, ist, wie *b* Fig. 6. Taf. V., in einen Rahmen, das Sägegatter, eingespannt. Die Seitenstücke *cd* und *ef* dieses Gatters lassen sich in eignen Falzen oder Nuthen mit möglichst geringer Reibung auf und nieder bewegen. Dieses Auf- und Niederbewegen verrichtet die Kurbel *a* einer, etwa durch ein Wasserrad oder durch Windflügel, mit oder ohne Vorgelege, umgetriebenen Welle. Die Höhe des Auf- und Niedergangs wird begreiflich durch den höchsten und tiefsten Stand des Kurbelgriffs, d. h. durch die Länge des doppelten Kurbelarms bestimmt.

Ist die Mühle eine Wassermühle, so kann die Wasserradwelle ein Stirnrad enthalten, welches in ein Getriebe greift, in deren Welle die Kurbel *a* befestigt ist. Bey einer Wind-Sägemühle kann ein an der Flügelwelle befindliches Kammrad in ein stehendes Getriebe greifen, dessen Welle ein zweytes Kammrad enthält. Die herunterwärts gerichteten Zähne dieses Kammrades setzen dasjenige liegende Getriebe in Bewegung, in dessen Wellachse die Kurbel fest eingeschlagen ist. Mittelst einer Lenkstange ist die Kurbel *a* mit dem Sägegatter verbunden.

§. 253.

Der Sägeblock wird durch Klammern und Keile auf den Klotzwagen befestigt. Dieser Klotzwagen ist eigentlich eine Art Schlitten, der sich auf zwey horizontalen und parallel liegenden mit Falzen oder Ruthen versehenen Balken hin- und herschieben läßt, ohne nach einer andern Richtung ausweichen oder schwanken zu können. Ein Theil der Unterfläche des Klotzwagens ist seiner Länge nach gezahnt; der ungezahnte Theil aber läuft mittelst kleiner Rollen auf zwey parallel neben einander liegenden glatten Bäumen, den Straßbäumen.

Gesetzt, *im* Fig. 7. sey die gezahnte Unterfläche des Klotzwagens auf der einen Seite. Auf jeder Seite greifen diese Zähne in ein Getriebe *g*. Die Welle dieses Getriebes aber trägt an ihrem einen Ende ein Sperrrad *ff*, in dessen Zähnen der Sperrhaken oder Sperrkegel *h* liegt. Oben greift in die Zähne desselben Sperrrades eine Sperrklaue (ein Geißfuß) *e*. Diese Sperrklaue sitzt an einer schräg herabkommenden Stange, der Stoßstange *de*, welche mit dem Arme *d* der kleinen Welle *c* verbunden ist. Ein anderer Arm *cb* geht von der Welle *c* aus nach dem obern Theile des Sägegatters *ab* hin. Das Ende *b* dieses Arms ist fest in das Sägegatter eingeklemmt.

Wenn nun das Sägegatter vermöge der Kurbel (nach §. 75.) auf- und niederspielt, so geht auch *cb* auf und nieder, folglich wird auch die Welle *c* mit dem Arme *cd* und der Stange *de* hin- und hergewiegt. Die Stange *de* bekommt durch dies Hin- und Hergehen gegen das Sperrrad zu eine stoßende Bewegung,

so daß das Sperrrad um einen Zahn weiter fortgestoßen wird. Um einen eben so vielten Theil seines Umfangs dreht sich nun auch das Getriebe g um, und dieses schiebt wieder den Klotzwagen mit dem Sägeblocke vorwärts, weil es in die Zähne des Klotzwagens eingreift. — So geht das Fortschieben von Zahn zu Zahn fort.

§. 254.

Wenn also die Säge hinaufgeht, so rückt auf jene Weise (§. 253.) der Klotzwagen mit dem Sägeblocke jedesmal vorwärts, und wenn sie heruntergeht, so thut sie jedesmal einen Schnitt in den Block. Ist der Klotzwagen um die ganze Länge des Sägeblocks vorwärts gekommen, so muß die Bewegung der ganzen Maschine auf folgende Art gehemmt werden. Ein aufgezogenes Schutzbret fällt in dem Augenblicke nieder und schließt das Aufschlagwasser von dem Wasserrade ab, sobald der Klotzwagen an das Ende seines Weges gelangt ist. Das Schutzbret hängt nämlich von einem Hebel herab, welcher beym Gange der Maschine mit demjenigen Arme heraufwärts gezogen ist, woran das Schutzbret hängt. Der andere Arm ist herunterwärts gezogen. Er wird in dieser Lage durch einen Bolzen erhalten, der ihn mit einem Pfosten oder mit einem andern festen Theile des Mühlgerüstes verbindet. Der Bolzen kann aber leicht herausgestoßen werden und dann hat der andere Arm mit dem Schutzbrete das Uebergewicht und sinkt herunter. Bey dem letzten Rucke, den der Klotzwagen thut, stößt ein eigner hervorragender Zapfen desselben gegen den Bolzen, wirft ihn aus seinem Loche und dann sinkt der Hebel mit dem Schutzbrete nieder.

Ist die Sägemühle eine Windmühle, so muß man auf ähnliche Art wie bey der Mahlmühle das Bremswerk niedergehen lassen, um dadurch die Maschine in Stillstand zu bringen. Um aber gleich hierauf den Klotzwagen sammt dem Blocke wieder zurückzuziehen, so hebt man so lange Sperrklaue *e* und Sperrhaken *h* aus den Zähnen des Sperrrades heraus und dreht letzteres an einem Handgriffe, den es auf seiner Seitenfläche nahe am Rande hat, zurück. Alsdann keilt und klammert man den Block um eine Bret- oder Bohlendicke weiter nach der einen Seite des Klotzwagens hin, um der Säge eine neue Angriffsstelle zu geben, und läßt das Spiel der Maschine wieder beginnen.

Hat man bewegende Kraft genug, so giebt man dem Sägerahmen mehr wie ein Sägeblatt, damit mehrere Schnitte zugleich geschehen. So kann man wohl 6 Sägen in ein Gatter spannen, und zwar, so neben einander, daß ihre Entfernung die Dicke der Breter bestimmt. Wollte man mehr wie 6 Sägen in ein Gatter befestigen, so müßte dasselbe breit genug seyn, um zwey Sägeblöcke neben einander legen zu können. Man kann aber auch mehr als ein Gatter anbringen, welche durch eine doppelt oder dreyfach gekröpfte Kurbel (§. 75.) zum Auf- und Niedersteigen gebracht werden.

Verbindet man mit dem Räderwerke der Mühle (vermöge Rad und Getriebe) einen Rundbaum, wie bey einem Haspel (§. 134.), und schlägt man ein Seil um denselben, so kann dieser Rundbaum, welcher durch das Mühlwerk umgetrieben wird an dem Seile die Sägeblöcke auf einer eignen Bahn herbeyziehen. Der Rundbaum muß aber eine sogenannte Abrückwelle seyn, deren eines Zapfenlager sich so bewegen läßt, daß dadurch das Getriebe der Welle aus dem Eingriffe des Rades kommt. So trennt man die Winde von dem übrigen Mühlwerke, sobald der Baum an Ort und Stelle liegt.

§. 255.

Hätte das Sägeblatt *ab* Fig. 7. überall eine gleiche Breite, oder lägen die Spitzen der Säge beym Auf- und Niederspielen derselben in einer und ebenderselben lothrechten Linie, so würde beym Heruntergehen der Säge eigentlich nur ein Zahn (der unterste) einen Schnitt in das Holz machen können, und alle nachfolgende Zähne würden ohne Verrichtung, folglich unnütz durch die Ritze streichen, weil der Sägebaum während des Niederganges der Säge ruht und die Säge nicht vorwärts gegen den Sägeblock (wie eine mit der Hand geführte Säge) gedrückt wird. Die Säge muß daher einen Anlauf oder Busen haben, d. h. sie muß von unten an nach oben hin immer breiter zugehen, damit die Spitzen der Zähne (wie man bey *ab* Fig. 7. sieht) in einer schrägen Linie liegen oder mit der Vertikallinie einen kleinen spitzigen Winkel machen, dessen Scheitel im untern Ende des Sägeblatts bey *a* sich befindet. Ist die Länge des Sägeblatts gegeben, so bestimmt dieser Winkel den Unterschied zwischen der obern und untern Breite des Sägeblatts. Dieser Unterschied giebt begreiflich auch die Tiefe des Schnitts an, den man für einen 30 Zoll hohen Niedergang gewöhnlich zu 1, höchstens 2 Linien rechnet. Leichter zu schneidende Holzarten können übrigens einen größern Anlauf des Sägeblatts vertragen, als schwerer zu schneidende.

In der Regel hat man solche Sägen am wirksämsten gefunden, welche auf eine Länge von 1 Pariser Fuß einen Busen von $\frac{1}{2}$ Linie und 8 bis 10 Zähne haben. Weniger als 8 Zähne auf 1 Pariser Fuß sollten sie

nie enthalten. Ist der Busen größer, so kann man der Säge eine größere Anzahl Zähne geben.

Man kann auch Sägen ohne Busen anwenden, wenn man nämlich das Sägegatter will schräg auf- und niedergehen lassen. Alsdann müssen natürlich auch die Nuthen oder Falzen in den Gattersäulen schräg seyn. Eine solche Einrichtung, wodurch eine größere Summe vom Reibung erzeugt wird, ist keineswegs vortheilhaft.

§. 256.

Die Mittelpunkte aller Zahnspitzen dürfen nicht in eine einzige gerade Linie fallen, sondern die Zähne müssen geschränkt, d. h. einer nach dem andern muß abwechselnd rechts und links gebogen seyn, so daß eine gerade Linie durch die Zahnspitzen der einen Hälfte der Anzahl Zähne geht, eine andere parallele gerade Linie durch die andere Hälfte. Durch diese Schränkung verhütet man das Reiben und Klemmen des Sägeblatts in dem gemachten Schnitte. Die Entfernung jener beyden parallelen Linien sollte aber nie größer seyn, als daß ohngefähr nur $\frac{1}{6}$ Zoll, höchstens $\frac{1}{5}$ Zoll Holzdicke in die Spähne fällt.

Sind die Zähne verhältnißmäßig dicker, als der übrige Theil des Sägeblatts, so ist die Schränkung auch wohl nicht nothwendig. Je dünner übrigens jeder Zahn, sowie das Sägeblatt ist, desto geringer ist der Widerstand, den die Säge findet, folglich auch desto größer der Effekt bey einerley Kraft. Die Dicke von 1 Pariser Linie ist hinlänglich, nämlich an den Zähnen; von da an nimmt die Dicke nach dem Rücken zu allmählig ab.

Grünes Holz ist wenigstens noch einmal so leicht zu schneiden, als trockenes. Tannenholz von einer und derselben Trockenheit wie Eichenholz ist beynahe noch einmal so leicht zu schneiden als dieses.

§. 257.

Setzt man die Geschwindigkeit der Säge $= c$, die Größe des Kurbelarms $= r$, die Anzahl der Umdrehungen der Kurbel in der Minute $= n$; so ist $c = rn$. Drückt man dieselben Größen für eine andere Sägemühle mit denselben, aber großen Buchstaben aus, so ist $C = R.N$. Es muß also wohl

$$C : c = RN : rn.$$

Wäre nun die Wirkung einer alten Sägemühle bey der Geschwindigkeit C sehr gut, so kann man $c = C$ annehmen, folglich auch $rn = RN$. Hieraus erhielte man

$$n = \frac{RN}{r}.$$

Fände man z. B. bey einer alten Mustermühle $R = 15$ Zoll und $N = 60$; und nähme man für die zu erbauende Mühle $r = 10$ Zoll an, so wäre

$$n = \frac{15 . 60}{10} = 90.$$

Bey der neuen Mühle würde also die Kurbel in jeder Minute 90 Umdrehungen machen. Bey der alten Mühle fand man N leicht (nach §. 70.) aus der Anzahl Zähne und Triebstöcke des Stirn-Rades an der Wasserrad-Welle und des Getriebes, worin jenes Rad greift und dessen eines Ende die Kurbel enthält.

Aus der Anzahl der Zähne des Stirnrades und der Triebstöcke des Getriebes (oder überhaupt des Räderwerks zwischen der Kurbelwelle und der Wasserrad-

oder Windflügel=Welle) bestimmt man leicht die Geschwindigkeit der Säge; so wie man umgekehrt leicht das Räderwerk wird einrichten können, wenn die Geschwindigkeit der Säge gegeben ist (nach §. 72 f.). Freylich muß man hierbey auch wissen, wie viele Umläufe das Wasserrad in einer gewissen Zeit (z. B. in der Minute) macht.

Soll die Kurbel in einer Minute etwa 80mal umlaufen, während welcher Zeit das Wasserrad 10mal sich umwälzt, so ist das Verhältniß der Umläufe der Wasserrads= oder Stirnrads=Welle zu denjenigen der Kurbelwelle wie 10 : 80, oder wie 1 : 8. Wählt man daher ein Getriebe von 12 Triebstöcken, so würde das Stirnrad 12 . 8 = 96 Zähne enthalten müssen, um die verlangte Anzahl von Umläufen herauszubringen; denn $\frac{96}{12} = 8$.

Bey einer von Belidor beschriebenen Mühle betrug der Kurbelarm 15 Zoll, die Länge des Leitarms oder Lenkers (welcher die Kurbel mit dem Sägegatter verbindet) 96 Zoll oder 8 Fuß — Uebrigens sollte die Geschwindigkeit, womit das Sägegatter sich bewegt, nie über 6 Fuß in einer Sekunde betragen. Bey starkem Widerstande thut man am besten, die Geschwindigkeit nur zu 4 Fuß anzunehmen, damit die Maschine auch dann nicht zu schnell gienge, wenn auch leichter zu schneiden ist.

Bey der gewöhnlichen Einrichtung der Sägemühle steigt der an dem Kurbelgriffe sitzende Lenker schief auf und nieder, weil die Kurbel mit dem untern Ende des Lenkers in einem Kreise herumläuft. Je größer der Kurbelarm ist, desto größer ist dieser Kreis, folglich auch desto größer die Schiefe des Lenkers und desto stärker die Pressung des Sägegatters gegen die Wand der Nuthen oder Falzen. Durch einen langen Lenkarm wird dieser Widerstand noch stärker. Aus

diesem Grunde erfordert die gut eingerichtete Mühle einen möglichst kleinen Kurbelarm und einen möglichst großen Lenker. Bey der Belidorschen Mustermühle betrug die Länge des Kurbelarms 15 Zoll und die Länge des Lenkers 8 Fuß.

§. 258.

Beym Niedergange der Säge hat die bewegende Kraft vorzüglich die Friktion des Sägegatters und den von der Cohäsion des Holzes herrührenden Widerstand zu überwältigen. Hierbey kommt ihr aber das Gewicht des Sägegatters zu Hülfe. Setzt man jenen Widerstand $= q$, das Gewicht des Sägegatters $= p$, die gesammte Hindernißlast (aus den Reibungen des Sägegatters, des Klotzwagens, der Zähne und Triebstöcke, und der Wellzapfen zusammengesetzt) $= f$, so hat man die Last beym Niedergange der Säge $= q + f - p$; beym Aufgange $= f + p$. Der Werth von f ist aber beym Aufgange der Säge etwas größer, als beym Niedergange, weil der Klotzwagen blos beym Aufgange der Säge fortgeschoben wird. Der Widerstand beym Aufgange und beym Niedergange müßten gleich seyn, wenn die Bewegung der Maschine möglichst gleich seyn sollte. In diesem Falle müßte also $q = 2p$ oder $p = \frac{1}{2}q$ seyn.

Indessen ist diese Bedingung in der Praxis schwer zu bewerkstelligen, weil der von der Cohäsion des Holzes herrührende Widerstand bey verschiedenen Holzarten und bey verschiedener Trockniß des Holzes gar zu verschieden ist, weil ferner der Widerstand in dem geraden Verhältniß der Länge, Tiefe und Weite des Schnitts und im umgekehrten Verhältniß der Geschwindigkeit wächst.

Man pflegt die Ungleichförmigkeit des Widerstandes theils dadurch zu verbessern, daß man für leicht zu schneidende Holzarten Sägen mit größerm, bey schwer zu schneidenden Sägen mit kleinerem Busen anwendet, theils auch dadurch, daß man bey schwerer zu schneidenden Holzarten ein eignes Gewicht an das Sägegatter hängt.

Dadurch, das der Arm *dc* Fig. 7. verschiedne Löcher hat, in welche man die Stoßstange *de* befestigt, kann man die Bewegungsart derselben verändern, so, daß sie nach Erforderniß entweder auf einmal einen Zahn, oder auch zwey Zähne des Sperrrades fortstößt. So bewirkt man ein geringeres oder stärkeres Fortrücken des Klotzwagens.

II.

Neue Arten von Holzsägemühlen.

§. 259.

Auf folgende Art ließe sich der Bau der Sägemühlen sehr vereinfachen, um weder Sperrrad, noch Stoßstange, noch Getriebe und gezahnte Unterfläche des Klotzwagens, auch keinen Anlauf der Säge nöthig zu haben und dabey den Effekt der Maschine noch zu vermehren.

Man denke sich von den Seiten des Klotzwagens hinweg zwey Seile parallel gezogen, die an der Säge vorbey gehen und vor derselben in ein einziges Seil zusammenlaufen, welches um eine Rolle geschlagen ist. Das so vertikal herabhängende Ende des Seils enthält einen Kasten mit Gewichtstücken, die man nach Belieben verstärken kann. Setzt man nun voraus, daß die Bewegung des Klotzwagens möglichst leicht sey, daß

man ihn deßwegen auf kleinen Rädern in der Bahn laufen läßt, so kann man ihn durch Hineinlegen von Gewichtstücken in den Kasten bald zum Vorwärtsbewegen bringen. Der darauf liegende Sägeblock drückt dann gegen die Säge und diesen Druck kann man durch mehr oder weniger Zulegen von Gewichten in den Kasten beliebig stark machen. Bey leichter zu schneidenden Holzarten würde man ihn stärker, bey schwerer zu schneidenden geringer machen. So kann man den Druck gleichsam auf ein Haar reguliren. Bewegt sich nun die Säge vermöge der Kurbel auf und nieder, so schneidet sie nicht blos herunterwärts, sondern auch hinaufwärts; folglich wird schon dadurch die Wirkung der Maschine beschleunigt. Es geht nun aber auch alles viel gleichförmiger, weil der Sägeblock nicht ruckweise gegen die Säge sich legt, sondern stets mit gleicher Stärke.

Das einzige, was man bey großen Sägemühlen gegen diese Einrichtung auszusetzen hätte, wäre wohl der nöthige Fallraum für das Gewicht. Dieser Raum müßte für die größten zu sägenden Dielen 24 Fuß betragen. Indessen möchte er doch oft zu erhalten seyn (mittelst eines gegrabenen Schachtes), da der Klotzwagen ohnehin in dem zweyten Stockwerke des Mühlgebäudes oder so hoch, wie ein zweyter Stock zu liegen pflegt.

§. 260.

Sägemühlen mit der Cirkelsäge oder mit einem kreisförmigen Sägeblatte scheinen bald in einen allgemeinern Gebrauch zu kommen. Auch sie würden vor den gewöhnlichen Sägemühlen den Vorzug haben, daß sie ununterbrochen sägen, bis der Sägeblock an das Ende seines Weges gekommen ist.

Das kreisförmige Sägeblatt ist ringförmig. Es wird mit tüchtigen Schrauben auf eine starke hölzerne Scheibe befestigt, die in horizontaler Lage von einer vertikalen Welle getragen wird. Läuft diese Welle um, (z. B. dadurch, daß das Kammrad der Wasserrad-Welle in ein an jener vertikalen Welle angebrachtes Getriebe greift), so läuft auch die Säge herum. Sie schneidet also immer nach einerley Richtung hin. Der ihr entgegenrückende Sägeblock oder Baum (am besten wohl durch den Gewichtkasten §. 259.) darf natürlich nicht auf das Centrum der Säge losgehen, weil Welle und hölzerne Scheibe dies nicht erlauben; er muß sich vielmehr seitwärts, auf das ringförmige Sägeblatt hinbewegen, und die Breite des Blatts muß daher der Dicke des zu durchsägenden Blocks wenigstens gleich seyn.

Es giebt auch Sägemaschinen mit Pendelsägen d. h. mit Sägen, die man wie ein Pendel hin und herschwingt, um sie so auf durchzusägende Holzkörper wirken zu lassen. — Eigne durch Stricke gezogene Sägen sind diejenigen, welche zum Absägen von Pfählen unter Wasser gebraucht werden. — Manche kleinere Sägemaschinen dienen zum Schneiden des Holzes, Elfenbeins, Horns u. d. gl. in feine Blätter, wie Schreiner, Ebenisten, Kammmacher 2c. dieselben verarbeiten.

III.

Die Steinsägemühlen oder Marmorschneidemühlen.

§. 261.

Die Steinsägemühlen oder Steinschneidemaschinen, welche vorzüglich zum Zerschneiden des

Marmors dienen, haben stumpfe Sägeblätter, die horizontal hin- und hergezogen werden. In den Einschnitt streut man von Zeit zu Zeit feinen Sand und befeuchtet ihn mit Wasser. So ist denn das Zersägen eigentlich nur ein Durchreiben.

Wenn das Wasserrad auf seiner Welle ein Kammrad trägt, welches in ein stehendes Getriebe greift, so kann die Welle dieses Getriebes oben eine Kurbel enthalten. Diese kann vermöge eines Leitarms mit dem Sägegatter verbunden seyn, worin das Sägeblatt eingespannt ist. Das Sägeblatt bewegt sich auf eben die Weise horizontal hin und her, wie es sich bey den gewöhnlichen Holzsägemühlen vertikal hin- und herbewegt. Es drückt auf den unter ihm befindlichen zwischen einem eignen Gerüste befestigten Stein und diesen Druck verstärkt man noch durch ein an das Sägegatter gehängtes Gewicht von ein Paar Centnern. Der Stein läßt sich aber auch gleichmäßig höher keilen, wenn der Einschnitt so tief geworden ist, daß der bloße Druck der Säge zum Tieferschneiden nicht mehr hinreicht.

Begreiflich muß bey solchen Schneidemühlen das Gatter zwischen Säulen so in Nuthen gehen, daß bey dem Hin- und Hergehen zwar ein vertikales Herunterrücken des Gatters oder ein Andrücken an den Stein, aber kein Schwanken nach einer Richtung möglich ist, welche perpendikulär auf die Richtung des Hin- und Herbewegens zugeht. Die Reibung in den Nuthen der Gattersäulen ist dann unbedeutend. Gewöhnlich giebt man, um den größten Effekt der Maschine zu erhalten, folgende praktische Regel: Man beschwere das Sägegatter nach und nach mit so viel Gewicht, bis das un-

terschlächtige Wasserrad mit ⅓ der Geschwindigkeit des anstoßenden Wassers, das oberschlächtige Wasserrad aber mit derselben Geschwindigkeit des in die Zellen einstürzenden Wassers umläuft.

Ausführlichere Nachrichten über die Sägemühlen findet man in Belidors, Karstens, Mönnichs, Langsdorfs, Meltzers, und Ernsts bekannten Werken, in meiner Encyclopädie des Maschinenwesens, Th. IV. VI. VII. Art. Sägemühlen und in folgenden Schriften:

A. Kappenhofer, deutliche Abhandlung von Rädern der Wassermühlen und von dem inwendigen Werke der Schneidemühlen. Riga 1770. 4.

K. Knutberg Beschreibung und Abbildung einer vorzüglichen Sägemühle; in den Abhandlungen der Königl. Schwed. Akad. d. Wissensch. Bd. XXXI. Leipzig 1772. 8. S. 12 f.

Sammlung nützlicher Maschinen und Instrumenten; aus dem Engl. Französ. rc. Nürnberg (ohne Jahrszahl) Fol. S. 17. 23. 77. 134 ff. Steinschneidemühlen, Bretschneidemühlen, Mühlen zum Rundschneiden von Säulen, u. d. gl.

Des Baron von Werneck neu erfundene Schneidemühle; in den Oekonomischen Nachrichten der patriotischen Gesellschaft in Schlesien. Bd. V. S. 147 f.

C. A. Scheidt, Beschreibung einer Maschine, womit Marmor und andere Steine zu großen Gebäuden geschnitten werden können; in den Abhandlungen der Baierschen Akad. d. Wissenschaften. Bd. II. Th. II. S. 135 f.

Magazin zur Beförderung der Industrie. Leipzig 1802. Heft 3. Den Rahmen in den Schneidemühlen zu verbessern.

Journal für Fabrik, Manufaktur rc. Bd. XXIII. Leipzig 1802. 8. Nov. S. 390. Eine neue Art von Sägemühlen.

Zehnter Abschnitt.
Die Maschinen zum Bohren.

§. 262.

Die Bohrmaschinen oder Bohrmühlen sind bestimmt, cylindrische Höhlungen in mancherley Arten von Körpern zu bohren, namentlich in Holzstücke und Metallstücke, um diese möglichst schnell und genau in Röhren umzuschaffen. Die nützlichsten Bohrmaschinen sind ohnstreitig die Holzbohrmühlen, womit man die hölzernen Pumpenröhren und Wasserleitungsröhren bohrt. Zu den Metallbohrmühlen gehören die Flintenbohrmaschinen, womit man die Flintenläufe bohrt, die Kanonenbohrmaschinen, womit man die gegossenen Kanonen bohrt, und diejenigen Cylinderbohrmaschinen, womit man gegossene eiserne Cylinder zu Dampfmaschinen, Cylindergebläsen rc. bohrt.

Es giebt auch Steinbohrmaschinen, womit Steine gebohrt werden können. Indessen ist doch das Bohren der Steine mit solchen Maschinen mehr ein Durchmeiseln. Der Meisel wird durch die Maschine auf und niedergetrieben und dabey zugleich absatzweise in eine drehende Bewegung gesetzt. — Von Perlbohrmaschinen, Diamantbohrmaschinen und ähnlichen kleineren Bohrmaschinen, welche man in kleinen Werkstätten mancher Künstler sieht, wird man hier keine Beschreibung erwarten.

I.
Die Holzbohrmühlen.

§. 263.

Sowohl bey den Holzbohrmühlen, als auch bey den übrigen Bohrmaschinen kommt es vorzüglich darauf

an, einen Bohrer in eine umdrehende Bewegung zu setzen und, so wie der Bohrer bohrt, ihm den zu bohrenden Körper allmählig immer mehr entgegenrücken zu lassen.

Der Bohrer, der sich um seine Achse drehen soll, braucht nur an die Welle eines schnell umlaufenden Getriebes befestigt zu werden. Man kann der Welle eines Wasserrades ein Kammrad geben, das in ein stehendes Getriebe greift, und der Welle dieses stehenden Getriebes wieder ein Kammrad, welches in ein liegendes Getriebe greift, und zwar in dasjenige, dessen Welle der Bohrer trägt. Die Welle des stehenden Getriebes kann noch ein zweytes Getriebe enthalten, welches in ein Stirnrad greift und an der Welle dieses Getriebes kann sich eine Kurbel befinden, die eine horizontale Schiebestange hin und her zieht. Mit ihrem einen Ende greift diese Schiebestange (wie die Stoßstange der Sägemühle §. 253.) in die Zähne eines Sperrrades ein. An der Welle des Sperrrades sitzt ein Getriebe, das in die untern Zähne eines Klotzwagens (wie §. 253.) eingreift, auf welchem der zu durchbohrende Baum zwischen Balken und Riegeln mit Keilen horizontal befestigt ist. So wird nun der Baum ganz auf dieselbe Art, wie der Sägeblock einer Sägemühle, dem Bohrer immer näher gerückt, und zwar in demselben Verhältnisse wie der Bohrer in den Baum hineingebohrt hat. — Der Klotzwagen wird hier Bohrbank oder Bohrstuhl, auch wohl Bohrwagen genannt.

Die Bohrer sind gewöhnlich Schneckenbohrer. Sie bestehen aus einer 1 bis 2 Fuß langen eisernen

an der einen Seite verstählten und geschärften Platte, die so gekrümmt ist, daß ihre äußere Gestalt von oben her einer halben Cirkelfläche gleicht, nach unten zu aber immer spitziger zuläuft und eine schneckenförmige Windung bekommt. Der Durchmesser von dem cylindrischen Theile des Bohrers muß so groß seyn, als der Durchmesser der damit zu bohrenden Oeffnung. Man bohrt aber nicht gleich Anfangs eine Oeffnung von der bestimmten Röhren-Weite, sondern bohrt erst eine engere Oeffnung und bohrt diese hierauf mit andern Bohrern weiter. Man nimmt z. B. erst einen einzolligen, dann einen zweyzolligen, hierauf einen dreyzolligen Bohrer, u. s. w.

§. 264.

Eine wesentliche Verbesserung der Bohrmühlen dürfte man wohl diejenige nennen, wo der Bohrstuhl dem Bohrer mittelst eines Gewichtkastens auf dieselbe Art entgegenrückt, wie der Klotzwagen mit dem Sägeblocke sich der Säge entgegenbewegt (§. 259.). Bey der Bohrmühle würde die Einrichtung sogar noch mehr Vortheile darbieten, weil der dadurch bewirkte gleichförmige Druck gegen den Bohrer noch wesentlich nothwendiger ist, wie bey den Sägemühlen gegen den Sägeblock, wo man sich doch noch durch den Anlauf der Säge zu helfen weiß. Beym ruckweisen Andrücken gegen den Bohrer kann dieser auch nur ruckweise seine Dienste thun.

Man muß nur dafür sorgen, daß der Bohrwagen recht horizontal in glatten Rinnen auf Rädern läuft, die auf keine Weise zur Seite ausweichen dürfen, damit die gebohrte cylindrische Höhlung überall einerley

Achse bekomme. Mit einer und derselben Gleichförmigkeit rückt dann das zu bohrende Stück gegen den Bohrer an, und wenn der Bohrwagen vermöge des Gewichts so eben anfängt, fortzurollen, so wird der rechte Druck für den Bohrer da seyn. So wie der Bohrer tiefer einbohrt, folgt der Bohrwagen dem Zuge des Gewichts, bis er an das Ende seines Weges gekommen ist. Diesen Weg kann man durch eine leichte Vorrichtung so lang oder so kurz machen, als man will. Man braucht den Bohrwagen nur durch ein gewisses Holz, welches man durch eine schieberartige Vorrichtung verlängern und verkürzen kann, aufhalten zu lassen. — Das Zurückführen des Bohrwagens kann begreiflich nicht viele Kraft erfordern.

Auch bey den folgenden Bohrmaschinen (den Metallbohrmühlen) ist dieselbe Vorrichtung gewiß mit Nutzen anzuwenden.

II.

Die Metallbohrmühlen.

§. 265.

Alle Bohrmühlen sind in dem Hauptmechanismus einander gleich, folglich auch die Metallbohrmühlen. So wird bey den Flintenbohrmühlen, welche die Seele des geschmiedeten Rohrs ausbohren und glätten, der Bohrer gleichfalls (wie §. 263.) mit der Welle eines horizontal liegenden Getriebes verbunden. Gewöhnlich greifen in das zweyte in einer horizontalen Fläche umlaufende Kammrad zwey oder vier liegende Getriebe, und die Welle jedes Getriebes enthält

einen Bohrer und gegen jeden Bohrer wird eine Bohrbank mit dem zu bohrenden Rohre entgegen geschoben. Meistens geschieht dies durch die Hand von Arbeitern.

Die Welle jedes Bohr-Getriebes enthält eine starke viereckigte Hülse, in welche der vierkantige Zapfen des Bohrers hineingepreßt wird. Auch die Schneide der Bohrer ist viereckigt. Zum Poliren nimmt man einen stumpfen Bohrer, an welchem ein kleines weiches mit Leinöhl befeuchtetes Stück Holz befestigt ist. Der Bohrer, vereinigt mit dem Stück Holze, bohrt die Seele des Rohrs völlig glatt, wenn diese Arbeit mit einigen Bohrern von zunehmender Stärke vorgenommen wird.

§. 266.

Beachtungswerther sind hier freylich die Kanonenbohrmaschinen, sowie überhaupt die größern Metallbohrmühlen. Man hat perpendikuläre und horizontale Kanonenbohrmaschinen. Bey jenen dreht sich der Bohrer in perpendikulärer Lage um seine Achse, und die in derselben Lage über ihm hängende Kanone rückt ihm auf einem senkrechten Schlitten oder Wagen allmälig entgegen. Die Kanone senkt sich aber durch Hülfe von Gegengewichten so herab, daß sie nur mit einem kleinen Theile ihres Gewichtes auf den Bohrer wirkt, und zwar nur mit einem so großen Theile, als zum Druck gegen den Bohrer nöthig ist. Begreiflich läßt sich dieser Druck leicht durch Hinzufügung oder durch Verminderung von Gegengewichten reguliren.

Die besten Bohrmaschinen, wie man sie jetzt auch fast in allen guten Stückgießereyen findet, sind die ho-

rizontalen. Das Umdrehen der Kanone und das allmälige Entgegenrücken des Bohrers kann auf ähnliche Art, wie bey den Holzbohrmühlen geschehen; nur muß hier begreiflich alles weit fester und genauer ausgeführt seyn, damit keine Stützen und Unterlagen ausweichen und während des Bohrens Achse des Bohrers und Achse der Röhre immer in einer und derselben geraden Linie bleiben.

Man denke sich an die Welle eines Wasserrades ein eisernes Stirnrad, welches in vier andere starke Räder eingreift. Jede Welle dieser Räder nimmt das Ende einer Kanone auf und jede Kanone liegt mit ihrem andern Ende so in der Höhlung einer starken Unterlage (wie manche zu drehende Sache zwischen Docken einer Drehbank), daß sie sich bey der Bewegung der Räder um ihre Achse wälzt. So ist man also im Stande, die Kanonen nicht blos zu bohren, sondern zugleich von Außen abzudrehen. Der Bohrstuhl mit dem Bohrer rückt der Kanone von selbst entgegen und zwar mittelst einer gezahnten Stange, die in ein Getriebe eingreift. Die Welle dieses Getriebes enthält ein großes Seilrad, welches, während der Umdrehung der Kammer, vermöge eines Seils mit Gewicht umgetrieben wird. — Die Gestalt der Bohrer ist übrigens verschieden. Bald macht die Schärfe einen stumpfen Winkel, bald einen Kreisbogen, bald eine gerade Linie u. s. w.

Bey der Steinbohrmühle des Peschel in Dresden läuft der zu bohrende Stein mit einem Wagen auf einer schiefen Fläche herab dem Bohrer entgegen, der stets von einem Hammer, welcher an einem Schlägelarme fest sitzt,

gegen den Stein geschlagen wird, wobey er sich zugleich umdreht. Der Schlägelarm ist an einer Welle beweglich; die von Däumlingen einer andern Welle den nöthigen Stoß erhält.

Ausführlichere Beschreibungen von Bohrmaschinen findet man in Leupolds, Beyers und Cancrins bekannten Werken; auch in meiner Encyclopädie d. Maschinenwesens Th. I. VI. u. VII. Art. Bohrmaschinen und in folgenden Schriften:

Machines et Inventions, approuvées par l'Acad. roy. des sciences à Paris, Tom. III. Paris 1735. 4. p. 81 f. Villons Machine pour forer les Canons d'Artillerie.

Neue Abhandlungen der Königl. Schwed. Akad. d. Wissenschaften. Bd. III. Leipzig 1782. 8.

G. Monge, Description de l'Art de fabriquer les Canons. Paris. An II. de la République. 4. p. 153 f.

Beschreibung einer Maschine, große Cylinder für Dampf-Gebläse- und Wassermaschinen in vertikaler Richtung zu bohren; im Journal für Fabrik, Manufactur rc. Bd. XXV. Leipzig 1803. 8. August S. 134 f.

Anleitung zur Verfertigung steinerner Röhren, nebst Zeichnungen der dazu erforderlichen Maschinen, von Peschel; herausgegeben von J. Riem. Leipzig 1802. 4.

W. Müller, Handbuch der Verfertigung des groben Geschützes. Göttingen 1807. 8.

J. G. L. Blumhof, Encyclopädie der Eisenhüttenkunde. Bd. I. Gießen 1816. 8. S. 219 f.

Eilfter Abschnitt.

Die Maschinen zum Schleifen und Poliren.

I.

Die Maschinen zum Schleifen.

§. 267.

Die Schleifmaschinen dienen hauptsächlich zum Schleifen oder Glätten von allerley Metallwaare, Glaswaare und Steinen. Bey den meisten Schleifmühlen kommt es darauf an, Wellen in Umdrehung zu setzen, woran runde Schleifsteine und Schleifscheiben befestigt sind, die folglich mit den Wellen zugleich umlaufen. Die zu schleifenden und zu glättenden Sachen werden an diese Steine gehalten. Je nach der Größe und Gestalt der zu schleifenden Sachen weichen auch die Schleifsteine und Schleifscheiben in Hinsicht der Größe und Gestalt von einander ab. Einige haben eine glatte Stirn, andere haben auf der Stirn erhabene Reifen, andere wieder rinnenartige Vertiefungen. So kann man ebene Flächen, runde convexe und concave Flächen darauf schleifen. — Solche Schleifmühlen findet man hauptsächlich in Gewehrfabriken zum Schleifen der Feuerröhren, der Bajonnette, Degenklingen ꝛc. Die Wellen, welche die Schleifsteine und Schleifscheiben enthalten, werden gewöhnlich durch Hülfe von Seilrädern (§. 68.) umgetrieben. Man kann aber auch gezahnte Räder und Seilräder dazu anwenden, die ihre Umdrehung meistens einem Wasserrade verdanken. Die umlaufenden hölzernen, mit Leder oder Filz überzogenen Scheiben dienen zum Poliren.

Die Steine laufen in hölzernen Trögen um, welche von einer hölzernen Rinne das zum Schleifen erforderliche Wasser empfangen. Jede Rinne gießt ihr Wasser zugleich auf das Zapfenlager der Wellen, um die Zapfen abzukühlen.

§. 268.

Bey den sogenannten optischen Schleifmühlen, worauf allerley convexe und concave Glaslinsen zu Brillen, Ferngläsern ꝛc. geschliffen werden, kommt es ebenfalls darauf an, Wellen in umlaufende Bewegung zu setzen. Dies geschieht wieder durch Hülfe von Seilrädern oder gezahnten Rädern, welche man entweder mit der Hand durch Umdrehen eines Schwungrades oder mit dem Fuße durch Treten eines Brets (das vermöge eines Lenkarms mit einer Kurbel oder gekröpften Welle verbunden ist) in Thätigkeit bringt. Das Ende jeder umlaufenden horizontalen Welle enthält eine Hülse, worin die Schleifschüsseln oder Schaalen, welche die Bildung der Gläser verrichten, befestigt werden. Man hält die Glasstücke mit den bloßen Fingern, oder auf Stöcke gekittet, gegen die Schaalen. Man wendet übrigens dabey erst groben Sand, dann feinen geschlämmten Sand, zum Poliren aber Trippelerde an.

Große Glas-Schleifmaschinen sind die Spiegelschleifmühlen, worauf die geblasenen oder gegossenen Spiegeltafeln (Glastafeln) geschliffen werden. Unter einen Kasten ist gewöhnlich eine Glastafel gekittet und diese Glastafel wird mit dem Kasten auf einer andern Glastafel, die auf einen recht ebenen Tisch gekittet ist, hin und hergerieben. Zwischen die Flächen der

Tafel streut man erst feinen Sand, hernach Schmirgel. Das Hin- und Herreiben des mit Gewichten beschwerten Kastens muß nun eben die Maschine verrichten. Wenn an der Welle eines Wasserrades ein Kammrad sitzt, welches in einen stehenden Trilling greift, und wenn oben an der Welle dieses Trillings eine Kurbel sich befindet, so kann diese Kurbel vermöge eigner Zugstangen (wie §. 74 f.) das Hin- und Herziehen der Kästen verrichten. Auch möchte wohl der gezahnte Rahmen (§. 81.) dazu recht brauchbar seyn.

Die Einrichtung der Diamantschleifmaschine und anderer Stein-Schleifmühlen beruht in Hinsicht des Mechanismus ebenfalls, wie die Metall-Schleifmühlen und optischen Schleifmaschinen, auf das Hervorbringen von schnellen Achsen-Umdrehungen.

II.
Die Maschinen zum Poliren.

§. 269.

Bey den meisten Polirmaschinen oder Polirmühlen, hauptsächlich zum Poliren von Metallwaare, von Steinen, Gläsern ꝛc. müssen eben so, wie die Schleifsteine in den Schleifmühlen, Polirscheiben, d. h. hölzerne an Wellen steckende Scheiben, die oft mit Leder oder Filz überzogen sind, in schnelle Umdrehung gesetzt werden. Man hält die zu polirenden Sachen, mit Beyhülfe von allerley Polirpulvern (feinen Sand, Trippel, Zinnasche ꝛc.) an die umlaufenden Scheiben. Schleifmaschine und Polirmaschine ist dann meistens eine und dieselbe Maschine. Befindet sich z. B. an der Welle eines Wasserrades ein Stirnrad, welches

in ein Getriebe greift, so kann die Welle dieses Getriebes die Schleifsteine enthalten, zugleich aber auch ein Seilrad, welches mittelst einer Schnur ohne Ende (oder eines Riemens ohne Ende) ein kleineres Seilrad herumbewegt, dessen Welle die Polirscheiben enthält.

Mittelst eines Kastens (wie §. 268.), der unten mit Leder bezogen und durch dieselbe Maschinerie, wie zum Schleifen, hin- und hergezogen wird, kann man die Spiegeltafeln poliren oder nach dem Schleifen glänzend machen. Sollen die Haupttheile bey den Polirmaschinen Stangen seyn, die mit ihrem obern Ende um ein Scharnier beweglich sind, an ihrem andern Ende aber flache oder runde mit Leder oder Filz überzogene Theile, blanke stählerne Wälzchen, blanke Polirsteine u. d. gl. enthalten, so können diese ebenfalls durch Kurbeln und Zugstangen (§. 74 f.) auf den zu polirenden Sachen hin- und hergezogen werden.

In meiner Encyclopädie des Maschinenwesens Th. III. IV. und VII. Art. Schleifmühlen und Polirmaschinen sind diese Maschinen ausführlicher beschrieben. Die Cylindermaschinen zum Glätten der Zeuge, des Papiers 2c. rechne ich nicht mit hierher. — Außerdem nenne ich noch:

J. M. Beyers Theatrum machinarum molarium. Th. I. Dresden 1735. Fol. S. 109 f.

Philosophical Transactions. Vol. LXVII. London 1774. 4. S. 296 f. John Mudge's Schleifmaschine zu metallenen Spiegeln.

J. L. Späth, Beschreibung des Baues und des Effekts einer Polirmühle. Erfurt 1788. 4.

C. C. A. Behrens praktische Mühlenbaukunst. Schwerin 1789. 4. S. 224 f.

Pajot des Charmes Maschine zum Poliren und Zurichten der Spiegelgläser ꝛc.; in J. A. Hildts Handlungszeitung. Jahrg. VI. Gotha 1789. 8. S. 115 f.

A. W. Köhlers Bergmännisches Journal. Jahrg. 1791. Bd. II. S. 98 f. Eine Diamantschleifmühle.

Beschreibung der optischen Schleifmühle des Abts Toffoli; a. d. Ital. übers. v. G. Huth. Berlin 1796. 8.

Zwölfter Abschnitt.

Die Dampfmaschinen.

§. 270.

Die Erfindung der Dampfmaschinen (ehedem auch oft Feuermaschinen genannt) gehört ohnstreitig unter die allermerkwürdigsten Erfindungen, die wohl je auf Erden gemacht worden sind. Die Dampfmaschine ist eine Maschine, welche durch Dämpfe von kochendem Wasser (§. 128.) in Bewegung gesetzt wird. Die Kraft dieser Dämpfe ist so ungeheuer, daß eine einzige Dampfmaschine zur Erzeugung und Erhaltung von Bewegungen oft eben so viel ausrichtet, als hundert Pferde dazu auszurichten vermöchten.

Vorzüglich ist England das Land der Dampfmaschinen. Sie müssen da nicht bloß in den Bergwerken unzählig viele Wasserpumpen in Bewegung setzen, sondern fast in allen größern Fabrikanstalten sind sie thätig, um fast alle Arten von Maschinen zu treiben, wozu man ehedem Menschen, oder Thiere, oder Wasserräder oder Windflügel anwandte. In Wollen- und Baumwollenmanufakturen bewegen die Dampfmaschinen alle Kratz-, Spinn-, Webe- und Scheermaschinen; auf Hüt-

tenwerken bewegen sie die Balgmaschinen, die Schmiede-Walz- und Stampfwerke; in Münzen, in Papierfabriken, in Steingutfabriken, in großen Brauereyen ic. setzen sie alle diejenigen Theile in Aktivität, welche das Verarbeiten der verschiedenen Materialien bewirken müssen. Sie betreiben Mahlmühlen, Stampfmühlen, Sägemühlen, Bohrmühlen, Schleifmühlen, kurz alle mögliche Arten von Mühlen. Auf dem Wasser setzen sie sogar Schiffe, auf dem Lande Wagen in Bewegung; u. d. gl. m.

I.

Die älteren Dampfmaschinen.

§. 271.

Die älteste Dampfmaschine soll der englische Kapitain Savary um's Jahr 1699 erbaut haben. Sie bestand aus einem Saug- und Druckwerke, in welches durch Oeffnung und Schließung von Hahnen Wasserdämpfe hineingelassen wurden. Diese Dämpfe trieben Wasser unmittelbar in die Höhe; sie wurden aber durch Berührung des Wassers verdichtet, worauf der Druck der Atmosphäre von neuem Wasser aus der Tiefe in die Saugröhre preßte; u. s. f.

Indessen verdiente diese Vorrichtung kaum den Namen einer Dampfmaschine; erst im Jahr 1711 erfand ein Eisenhändler Thomas Newcomen eine andere Maschine, welche als die erste eigentliche Dampfmaschine angesehen werden kann. Nach ihr wurden wirklich mehrere Maschinen ins Große gebaut; auch brachten verschiedene Männer schon manche Verbesserungen bey ihr an.

§. 272.

Die Einrichtung einer solchen alten Dampfmaschine war folgende: In einem auf einem Feuerheerde fest verwahrten starken Kessel wird durch Feuer Wasser in Dampf verwandelt, welcher in einen großen eisernen Cylinder dringt. In diesem Cylinder läßt sich ein dichter Kolben auf und nieder bewegen, woran eine Gelenkkette sich befindet, die an das eine Ende eines starken Hebels oder Waagbaums befestigt ist. Am andern Ende des Waagbaums sind wieder andere Ketten angebracht, mit Kolbenstangen, woran Pumpenkolben in Saugpumpen auf- und niederspielen, etwa um Wasser aus der Tiefe herauszuheben. Damit aber der Kolben in dem Dampfcylinder auf eine gewisse Höhe komme, so wird derjenige Arm des Waagbaums, woran die Pumpenstangen hängen, so stark belastet, daß er auf dieser Seite, ehe das Spiel der Maschine beginnt, immer das Uebergewicht hat. Es steht dann das andere Ende des Waagbaums in der Höhe und der Kolben im Hauptcylinder nimmt die oberste Stelle des Cylinders ein. Sobald nun Dämpfe aus dem Kessel unter den Kolben geströmt sind, und der Kolben seine höchste Stelle erreicht hat, so schiebt eine besondere mechanische Vorrichtung einen Deckel oder Schieber, den sogenannten Regulator, vor die untere Oeffnung der Röhre, welche den Cylinder mit dem Kessel verbindet, so, daß nun weiter keine Dämpfe aus dem Kessel herbey kommen können. Dieselbe mechanische Vorrichtung öffnet zugleich den Hahn einer andern Röhre (eine Spritzröhre oder Injectionsröhre) durch welche kaltes Wasser in den Cylinder gespritzt wird. Das Wasser

stößt gegen die untere Fläche des Kolbens, fällt in Gestalt eines Regen zurück und verdichtet den Wasserdampf, d. h. entzieht diesem den Wärmestoff und verwandelt ihn wieder in Tropfen. Dadurch entsteht in dem Cylinder ein luftleerer Raum, so daß der aufgezogene Kolben durch den Druck der äußern Luft augenblicklich niedergetrieben wird. Bey dieser herunterwärts gehenden Bewegung des Kolbens wird zugleich der Regulator geöffnet, sowie der Hahn in der Wasser-Spritzröhre verschlossen. Neue Dämpfe strömen nun in den Cylinder unter den Kolben und treiben diesen in die Höhe. Wenn er oben angekommen ist, schließt sich der Regulator, der Hahn in der Spritzröhre öffnet sich wieder; das Wasser vernichtet die Dämpfe wieder, und erzeugt unter dem Kolben den luftleeren Raum, der Druck der atmosphärischen Luft preßt den Kolben wieder herunter; und so geht das Spiel der Maschine beständig fort.

Um zu sehen, ob der Dampfkessel Wasser genug enthalte, so giengen zwey mit Hahnen verschlossene Röhren, die Proberöhren, in den Kessel hinein. Die längere tauchte in das Wasser des Kessels, die kürzere in Dampf. Gab nun die erstere bey Oeffnung ihres Hahns Dampf, so war dies ein Zeichen, daß der Kessel zu wenig Wasser enthielt; gab die andere bey Oeffnung ihres Hahns Wasser, so deutete dies auf zu viel Wasser in dem Kessel. In beyden Fällen mußte durch besondere in dem Kessel angebrachte Oeffnungen, die man nach Willkühr öffnen und verschließen konnte, Wasser zugelassen oder abgelassen werden.

Die dampfdichte Verschließung, namentlich die Umgebung des Kolbens, war anfangs von Leder gemacht, welches durch etwas über dem Kolben stehendes Wasser feucht erhalten wurde. In der Folge hat man mit besserem Erfolg sich dazu des Wergs oder Hanfs bedient.

§. 273.

So konnte nun allerdings durch abwechselndes Oeffnen und Schließen der Hahnen ein stetes Kolbenspiel und die Bewegung der Maschine unterhalten werden. Die Maschinerie zum Oeffnen und Schließen der Hahnen, welche durch einen besondern von einem Bogen des Waagbaums herabhängenden Baume (dem Steuerbaume) in Aktivität kam, nannte man Steuerung. Sie ist in der Folge verschiedentlich abgeändert worden. Das in dem Cylinder nach und nach angesammlete Injectionswasser konnte nahe am Boden durch einen Hahn abgelassen werden. Ein eignes Gefäß versah die Injectionsröhre mit Wasser. Eine von der Maschine getriebene Pumpe konnte dies Gefäß stets voll erhalten, wenn kein natürlicher Zufluß des Wassers da war.

Begreiflich macht bey dieser Dampfmaschine der Druck der Luft auf den Kolben des Dampfcylinders die bewegende Kraft aus und die Dämpfe dienen blos dazu unter dem Kolben einen luftleeren Raum zu erzeugen. Jene bewegende Kraft muß also wohl im geraden Verhältniß der Grundfläche des Kolbens und ihr mechanischer Effekt im Verhältniß des Kolbenhubs stehen. Vergrößerte man den Cylinderraum, so vermehrte man natürlich den Effekt der Maschine. Aber der Aufwand von Brennmaterial war bey diesen Maschinen unge-

heuer groß, weil die Dämpfe recht eigentlich verschwendet wurden; denn jede große Dampfmaschine, wie man sie in Kornwallis errichtete, verbrauchte jährlich für 3000 Pfund Sterlinge Steinkohlen; anderer Unvollkommenheiten, die eine Abhülfe heischten, nicht einmal zu gedenken. Viele gute mechanische Köpfe strengten sich daher an, die Dampfmaschine in einem andern vollkommnern Baue darzustellen; dies glückte dem berühmten Watt auch bald so sehr, daß seine neuen Maschinen, die er in Verbindung mit dem eben so geistreichen Boulton zum Vorschein brachte, bey gleichem Effekt mit den Newcomenschen Maschinen, gegen $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ der Feuerungskosten sparten.

In London hatte man eine Newcomensche Dampfmaschine erbaut, deren Cylinder 30 englische Zoll weit und 9 Fuß hoch war. Der Druck der Luft auf den Kolben war da einem Gewicht von 9600 Pfunden gleich. In 24 Stunden schaffte die Maschine 115200 Pariser Kubikfuß Wasser in Pumpen empor, die sie betrieb.

II.

Die neuen Dampfmaschinen.

§. 274.

Die erste Verbesserung, die Watt mit den Dampfmaschinen vornahm, bestand darin, daß er die Bewegung des Kolbens nicht mehr durch den Druck der Atmosphäre, sondern durch den Druck der Dämpfe selbst verrichten, und daß er die Dämpfe nicht unmittelbar in dem großen Hauptcylinder, sondern in einem eignen Gefäße, dem Condensator, verdichten ließ. Die Dämpfe aus dem Kessel strömten durch eine Röhre oben

in den Cylinder und drückten den Kolben nieder. War letzterer unten in dem Cylinder angekommen, so öffnete sich zur Seite ein Ventil, das die Dämpfe aus dem Cylinder heraus und in den Condensator streichen ließ, zugleich schloß sich oben die Dampfzuführungsröhre. Durch das Uebergewicht des Waagbaums nach der andern Seite hin, stieg dann der Kolben wieder in die Höhe. Hatte er seine höchste Stelle erreicht, so öffnete sich oben die Dampfzuführungsröhre wieder, unten die Dampfabführungsröhre verschloß sich und nun wurde der Kolben durch die Gewalt der Dämpfe wieder niedergedrückt; u. s. f. Die Dampfabführungsröhre gieng in den Condensator hinein, welcher kaltes Wasser enthielt. Hier verloren die Dämpfe ihren Wärmestoff und wurden selbst wieder zu Wasser.

Später verbesserte Watt die Dampfmaschinen dadurch noch bedeutend, daß er den Kolben blos durch die Dämpfe sowohl niederdrücken, als auch emporheben ließ, indem die Dämpfe abwechselnd bald über, bald unter den Kolben strömten. Nun fiel ein großer Theil der zu bewegenden Hindernißlast hinweg; das ganze Spiel der Maschine wurde gleichförmiger und alle Theile der Maschine, namentlich Cylinder, Kolben und Kessel, konnten jetzt bey einerley Effekt kleiner gemacht werden, welches eine große Ersparniß an Dämpfen und an Brennmaterial zur Folge hatte.

§. 275.

Mit Beyhülfe der Fig. 1. Taf. VI. wird folgende Beschreibung von dieser Wattschen Dampfmaschine einen deutlichen Begriff geben. In dem sehr genau aus-

gebohrten Hauptcylinder oder Dampfcylinder *ab* läßt sich der mit Werg oder Hanf geliederte Kolben an der Kolbenstange auf und nieder bewegen. Die Kolbenstange geht oben bey *h* dampfdicht durch die Stopfbüchse, welche gleichfalls mit Werg ausgelegt ist. Den Kolben *m* sollen nun die in dem Kessel entwickelten Dämpfe schnell hinter einander abwechselnd auf- und niedertreiben.

Die Röhre *cc* kommt von dem Kessel her, dessen Deckel fest aufgeschraubt ist. Von ihr geht in der Nähe des Cylinders ein Röhrenzweig hinweg und zwar herunterwärts nach der Röhre *i* hin. So stellt *cc* sowohl mit dem obern Theile *b*, als auch mit dem untern Theile *i* des Cylinders eine Verbindung her. An der Stelle, wo *cc* sich in die Röhre *b* erstreckt, ist in dem erweiterten Raume *o* ein Ventil angebracht, und eben so an derjenigen Stelle, wo die Röhre *d* sich in die Röhre *i* erstreckt, bey z. Die Röhre *b* krümmt sich bey z', wo in dem Winkel wieder eine Erweiterung mit einem Ventile ist. Dieselbe Bewandniß hat es mit der Röhre *i*, welche bey *o'* ein Ventil enthält. Mit *bz'* ist die Röhre *e* und mit *io'* die Röhre *o'n* verbunden. Sowohl jene, als diese geht in den mit kaltem Wasser gefüllten Condensator (der mit der punktirten Linie in der Figur angedeutet worden ist).

Befindet sich der Kolben *m* ganz oben in dem Cylinder, so müssen die Ventile *o* und *o'* offen, die Ventile z und z' aber verschlossen seyn. Strömen nun Dämpfe aus dem Kessel durch die Röhre *cc* herbey, so kommen diese durch die Ventilöffnung *o* in die Röhre *b* und können, weil z' verschlossen ist, keinen andern

Weg nehmen, als oben in den Cylinder hinein. Sie drücken da auf den Kolben und pressen ihn nieder. Waren noch Dämpfe unter dem Kolben, so konnten diese dem Drucke des niedersinkenden Kolbens durch das offene Ventil o' ausweichen. In dem Condensator, wo sie ihren Wärmestoff an das kalte Wasser absetzten, wurden sie selbst wieder zu Wasser. Sobald der Kolben unten in dem Cylinder angekommen ist, so schließen sich die Ventile o und o', die Ventile z und z' aber öffnen sich. Der Dampf in *cc*, der nun nicht mehr durch o kann, nimmt jetzt seinen Weg durch die Röhre *d*, durch die Ventilöffnung z, und strömt (weil er nicht durch o' kann) bey *i* in den Cylinder hinein, drückt unter den Kolben und treibt diesen in die Höhe. Die Dämpfe über dem Kolben können diesem Drucke weichen; sie ziehen durch *b* und z' in die Röhre *e* hinein und kommen bey *f* in den Condensator. So wie der Kolben oben angekommen ist, schließen sich die Ventile z und z' wieder, die Ventile o und o' aber öffnen sich, die Dämpfe, welche durch o kommen, pressen den Kolben wieder herunter; und so geht das Spiel der Maschine beständig fort.

Die Röhre *f* ist mit einer Pumpenröhre *g* verbunden, die unten ein Ventil hat. So bildet diese Vorrichtung ein einfaches Saugwerk, die Warmwasserpumpe, durch welche das aus den Dämpfen entstandene heiße Wasser in die Höhe gepumpt und durch eine eigne Röhre in den Kessel zurückgeführt wird.

Die Kolbenstange ist steif von Eisen. Ihr oberes gezähntes Ende greift in den ebenfalls gezahnten Bogen des Waagbaums. Die Ventile sind gut schließende Kegelventile. Man kann aber auch doppelt durchbohrte Hahnen anwenden, wel-

che von der Steuerung gedreht werden. Winkelhebel und Wälzchen mit Schnüren, die sich nach verschiedenen Richtungen umschlingen u. d. gl. machen gewöhnlich die Haupttheile bey der Steuerung aus.

§. 276.

Anfangs richtete Watt diese Dampfmaschine so ein, daß sich das Ventil *o*, welches die Dämpfe über den Kolben streichen läßt, nicht eher schloß, als bis die Dämpfe den Kolben ganz hinuntergedrückt hatten. Später machte er die Maschine so, das jenes Ventil nur so lange offen bleibt, bis der Kolben ohngefähr um ein Viertheil der Länge des Cylinders hinabgedrückt ist. Alsdann schließt sich das Ventil bey o. Neue Dämpfe kommen nun nicht mehr hinzu; aber die in dem Cylinder eingeschlossenen fahren doch fort, sich auszudehnen und den Kolben niederzudrücken. Letzteres geschieht freylich mit abnehmender Kraft; indessen muß diese zu der erforderlichen Wirkung immer hinreichend seyn. Man hat dann nur den vierten Theil von Dämpfen nöthig, folglich kann man einen viel kleinern Siedekessel anwenden und braucht nicht mehr so viele Feuerung. Es kam nur darauf an, der Maschine eine solche Einrichtung zu geben, daß sie doch noch dieselbe Last zu heben oder denselben Widerstand zu überwältigen im Stande war.

In dieser Absicht mußte das Moment der Last in demselben Grade verringert werden, als sich bey jener neuen Einrichtung die Kraft der Dämpfe verminderte. Wirklich erreichte Watt diesen Zweck auf folgende Art. An die Stelle des Waagbaums setzte er zwey ungezahnte Räder neben einander. Der mittelst einer

Gelenkkette von der Peripherie des einen Rades herabhängende Kolben treibt mittelst einer horizontalen Stange, die an dem Ende eines Rad-Halbmessers sitzt, das andere Rad und das daran befindliche Gestänge. Beym anfänglichen Niedergange des Kolbens bleibt das Ende jenes Rad-Halbmessers, welcher das Fortschieben der horizontalen Stange verrichtet, von dem horizontalen Durchmesser des Rades ziemlich gleich weit entfernt. Beym fortgesetzten Sinken kommt dies Ende dem horizontalen Durchmesser immer näher. Bey dem andern Rade, welches sich nach derselben Gegend zu, wie jenes hindreht, findet in Hinsicht des Entfernens vom horizontalen Durchmesser gerade das Gegentheil statt. — Daß die Ketten bey dieser Bewegung stets auf den Peripherien der Räder bleiben, versteht sich von selbst.

Wird der Kolben bey einem 8 Fuß hohen Dampfcylinder nur 2 Fuß tief durch die volle Kraft der Dämpfe niedergepreßt, so verhält sich (nach Watts eignem Bericht) der Effekt dieser neuen Maschine zum Effekt der ältern wie 100 : 57. Man bezweckt also hier mit dem vierten Theil der Dämpfe und der Feuerung beynahe noch einmal so viel, als bey der alten Maschine.

Ueberhaupt kann man sich von dem gewaltigen Effekt einer neuen Dampfmaschine einen Begriff machen, wenn man weiß, daß bey einem Scheffel darin consumirter Steinkohlen die Maschine des Fabrikanten Boulton zu Birmingham 30 Millionen Pfund Wasser einen Fuß hoch, oder 3 Millionen Pfund Wasser 10 Fuß emporgehoben werden kann. Ein Scheffel Steinkohlen giebt auf einer solchen Maschine so viele bewegende Kraft her, als zehen starke Pferde in einer Stunde anzuwenden vermögen; sie treibt 1000 bis 1200 Spindeln in der Baumwollenmanufaktur, mahlt 11 bis 12 Scheffel Weitzen in einer Stunde, oder 266 Scheffel Malz zum Bierbrauen.

§. 277.

Ein höchst wesentlicher Theil der Dampfmaschine ist noch das auf dem Deckel des Kessels angebrachte Sicherheitsventil, wodurch man die Gefahr des Zerspringens möglichst zu verhüten sucht. Die Dämpfe in dem Kessel, dessen Deckel festgeschraubt ist, üben nämlich auf die Wände des Kessels, vermöge ihrer großen ausdehnenden Kraft, einen sehr starken Druck aus. Ist nun bey fortgesetzter Verdichtung der Dämpfe und noch weiterer Vergrößerung ihrer Elasticität, der Kessel nicht stark genug, einer solchen ausdehnenden Kraft zu widerstehen, so muß er davon zersprengt werden, und dies kann denn viel Unglück verbreiten, wie die Erfahrung leider! schon oft gelehrt hat.

Das Sicherheitsventil in dem Deckel des Kessels, welches eine solche Gefahr verhüten soll, ist gewöhnlich von Eisen, wie ein Kegel gestaltet (ein Kegelventil) und genau in seine kegelförmige Oeffnung eingeschliffen. Es wird von einem Gewicht belastet, welches so stark drückt, daß es mit dem Drucke der Atmosphäre den Druck der innern Dämpfe auf seine Grundfläche übertrifft. Werden aber einmal die Dämpfe im Kessel gar zu stark, so öffnen sie das Ventil von selbst, und so viele von ihnen strömen heraus, bis das Gleichgewicht von Innen und von Außen wieder hergestellt ist, wo denn das Ventil wieder zufällt. — Nöthigen Falls kann man das Ventil auch durch eine kleine Welle mit angelegtem Seil öffnen.

Man hat das Springen des Kessels auch dadurch zu verhüten gesucht, daß man in dem Ofen einen eignen Schieber anbrachte, um damit den Luftzug abzu-

schließen und die Hitze zu vermindern, wenn die Dämpfe in dem Kessel zu stark werden sollten. Um das Zerspringen des Kessels ganz unmöglich zu machen, so hat man mehrere Löcher in den Deckel des Kessels gebohrt und mit einem leichtflüssigen Metalle (z. B. einer Composition von Bley und Zinn) lauter Zapfen in diese Löcher gelöthet. Die Gewalt der Dämpfe kann nun nie so groß werden, daß der Kessel springt, wenn etwa das Sicherheitsventil seinen Dienst versagen sollte. Denn ehe dies geschieht, wird das Loth durch die Hitze der Dämpfe geschmolzen, die Zapfen fliegen heraus und die Dämpfe finden freyen Ausweg. Freylich sind dann alle Dämpfe des Kessels verloren und die Maschine steht still.

§. 278.

Von den mannigfaltigen neuesten Verbesserungen der Dampfmaschinen will ich nur einige anführen. Arthur Woolf fand, daß Wasserdampf von 5 Pfund Kraft auf den Quadratzoll sich bis zum fünffachen seines Raumes; solcher von 6, 7, 8, 9 oder 10 Pfund Kraft auf den Quadratzoll bis zum sechs- sieben- acht- neun- und zehnfachen seines Raumes ausdehnen konnte, daß er dann an drückender Kraft immer noch der Atmosphäre gleich und noch im Stande war, kräftig genug gegen den Kolben einer Dampfmaschine zu wirken, um die auf- und niedersteigende Bewegung desselben zu veranlassen. Auch fand er, daß jenes Gesetz beynahe gleichförmig so fortgieng, daß also Dampf von 20, 30, 40, 50 2c. Pfund auf den Quadratzoll des Sicherheitsventils sich mit gleicher Wirkung um das zwanzig- dreißig-

vierzig= fünfzigfache 2c. seines Raumes ausdehnen könne und nachher doch noch Elasticität genug behalte, um sich mit dem Drucke der Atmosphäre ins Gleichgewicht zu stellen. Die Zerbrechlichkeit der Materialien, woraus der Dampfkessel und die übrigen Theile der Maschine bestehen, setzt nur der Verdichtung oder Verstärkung des Dampfs gewisse Gränzen.

Dieser Entdeckung zu Folge benutzt Woolf den Dampf zweymal. Er führt ihn nämlich von hoher Temperatur, z. B. von 40 Pfund Kraft auf den Quadratzoll, in einen Cylinder und wenn er da gewirkt hat, in einen andern Cylinder von einem 40mal größern Inhalt, wo er durch Condensiren auf die gewöhnliche Art wirken muß. Er giebt aber dem gewöhnlichen Dampf die nöthige höhere Temperatur erst dann, wenn er in den Cylinder getreten ist, in welchem der Kolben sich befindet. In dieser Absicht umgiebt er den Cylinder mit einem Dampfgehäuse, worin die Dämpfe ihre hohe Temperatur auf verschiedene Art durch äußere Feuerung erhalten.

§. 279.

In einigen der neuesten Dampfmaschinen hat man auch den Dampfkessel weggelassen und seine Stelle durch mehrere gehörig mit einander verbundene Röhren ersetzt. Dieses Röhrensystem hat vor den gewöhnlichen Dampfkesseln die wichtigen Vorzüge, daß es viel weniger Raum einnimmt, verhältnißmäßig gegen den Kessel von gleicher Wirkung nur wenig Wasser enthält, dem Feuer eine verhältnißmäßig größere erhitzte Oberfläche darbietet und eine viel größere Sicherheit gegen das

Zerspringen gewährt, als selbst der allerstärkste Dampfkessel. So kann denn selbst eine Dampfmaschine mit hohem Druck (mit erhöhtem oder verstärktem Dampfe) ohne die gewöhnliche Gefahr betrieben werden. Der Kolben des Dampfcylinders hat nicht die gewöhnliche Liederung von Hanf; sondern er schließt mittelst zweckmäßig eingerichteter Stahlfedern an die Cylinderwand, wodurch die Liederung ungleich dauerhafter wird, durch die Hitze stark gespannter Dämpfe nicht leidet und weniger Reibung verursacht. — Mit derselben Maschine ist zugleich eine neue Steuerungsart der Hahnen verbunden.

Die einfachste Dampfmaschine ist ohnstreitig diejenige ohne Hahnen und ohne Ventile, wo neben dem Hauptcylinder und parallel mit ihm eine Röhre verbunden ist, die durch zwey Seitenröhren, oben und unten, mit dem Hauptcylinder Gemeinschaft hat. In dieser Röhre sind an einer Kolbenstange zwey Kolben beweglich, welche die Stelle der Hahnen oder Ventile vertreten; denn abwechselnd schließt und öffnet der eine und der andere den Dampfzugang zu der obern und untern Seitenröhre, um den Dampf abwechselnd bald oben, bald unten in den Cylinder hineindringen zu lassen, damit der Kolben desselben bald hinunter, bald hinauf gedrückt werde. Zwey Dampfabführungsröhren leiten auch hier den Dampf, so wie er seine Dienste gethan hat, in den Condensator.

III.

Anwendung der Dampfmaschinen zur Treibung von allerley Maschinen, auch zur Treibung von Schiffen und Wagen.

§. 280.

Soll die Dampfmaschine Pumpen betreiben, so braucht der Waagbaum nur mit einem Gestänge und mit Kunstkreuzen (wie §. 77 f.) verbunden zu seyn. Die Kolbenstange des Dampfcylinders ist auch wohl gleich mit dem einen Arme eines Kunstkreuzes in Verbindung gebracht, um dasselbe durch sein Auf- und Niedersteigen in Aktivität zu setzen. Bey vielen Maschinen, welche die Dampfmaschine betreiben soll, z. B. bey allen Arten von Mühlen, bey Krempelmaschinen, Spinnmaschinen ꝛc. muß die geradlinichte Bewegung der Kolbenstange des Dampfcylinders in eine drehende kreisförmige Bewegung verwandelt werden. Dies geschieht meistens dadurch, daß man eine von dem Arme eines Kunstkreuzes ausgehende Stange mit dem Griffe (der Warze) einer Kurbel verbindet, die nun dadurch umgedreht wird. Die umlaufende Welle dieser Kurbel kann ein gezahntes Rad, oder ein Seilrad enthalten, um dadurch auf die bekannte Weise die bewegende Kraft nach solchen Theilen hin fortzupflanzen, welche (nach §. 68 f.) in eine drehende Bewegung versetzt werden sollen.

Jeder große Brauer in London hat sogar eine Dampfmaschine von der kleinern Art. Diese Dampfmaschine verrichtet ihm gar viele Arbeiten, führt ihm z. B. das nöthige Wasser herbey, setzt die Malzschrotmühlen in Bewegung;

rührt das Malzschrot in dem Maischbütten um; pumpt das Bier aus einem Gefäße ins andere &c. — Die wohlfeilste Dampfmaschine, woran alle Haupttheile, selbst der Dampfcylinder, von Holz sind, ist diejenige des Grafen Bucquoi in Prag. In Brauereyen, Färbereyen, zum Entwässern und Bewässern von Ländereyen und zu manchen andern ähnlichen Zwecken kann sie gewiß mit Nutzen angewendet werden.

§. 281.

Die Dampfschiffe, Dampfboote oder Schiffe, die durch Dampfmaschinen, selbst gegen den Strom eines Flusses, getrieben werden, sind seit einigen Jahren sehr berühmt geworden. Die Erfindung solcher Dampfschiffe schreibt man bald dem Schottländer Clarke, bald dem Amerikaner Fulton zu. Auf den englischen und amerikanischen Schiffen sind sie wenigstens beynahe zu gleicher Zeit in ziemlich starken Gebrauch gekommen. In Frankreich und in Deutschland (z. B. auf der Elbe und Donau) bedient man sich ihrer jetzt gleichfalls hin und wieder.

Es kommt bey den Dampfschiffen hauptsächlich darauf an, daß die auf dem Fahrzeuge befindliche Dampfmaschine ein Paar (wie unterschlächtige Wasserräder eingerichtete) Schaufelräder in eine umdrehende Bewegung setzt, die, mit ihren Schaufeln verhältnißmäßig tief in das Wasser gesenkt, die Stelle von Rudern vertreten. Wiegt nun die auf- und niedersteigende Kolbenstange des Dampfcylinders den Waagbaum auf und nieder oder das Kunstkreuz hin und her, und geht von dem Arme des letztern eine Stange (wie die Korbstange eines Kunstrades) nach der Kurbel der Schau-

felrads-Welle, so wird diese, folglich auch das Schaufelrad selbst umgedreht.

Die Schaufelräder sind ohngefähr 8 bis 11 Fuß hoch und 3 bis 4 Fuß breit; sie tauchen etwa den vierten Theil ihrer Schaufeln in's Wasser. Die Anzahl der Schaufeln eines Rades ist 8 bis 10. Mehr Schaufeln würden nur ein langsames Fortbewegen bewirken. In einer Minute geht jedes Rad ohngefähr 30 mal um. Oft macht ein Dampfschiff 20 englische Meilen in einer Stunde. Ist der Durchmesser jedes Schaufelrades 8 Fuß 10 Zoll, die Breite 4 Fuß, und macht die Dampfmaschine in einer Minute 45 Kolbenzüge (die 22 Zoll Hub haben), so legen sie mit ihrer Peripherie in einer Stunde 13 englische Meilen zurück. Der Cylinder einer solchen Dampfmaschine hat ohngefähr 22 Zoll im Durchmesser. Die Länge eines Dampfschiffes geht gewöhnlich von 40 bis 90 Fuß, die Breite auf der Mitte des obern Verdecks von 11 bis 15 Fuß.

§. 282.

In der Mitte des Schiffes befindet sich die Dampfmaschine. Der Siedekessel von gegossenem Eisen nimmt die rechte Seite ein, der Cylinder mit der zu ihm gehörigen Vorrichtung die linke. Die Schaufelräder stehen nicht genau in der Mitte der Schiffslänge, sondern etwas mehr vorwärts. Der Rauch des zur Unterhaltung des Dampfkessels nöthigen sehr heftigen Feuers steigt durch eine weite cylindrische Röhre von sehr dichtem geschmiedetem Eisen empor. Diese Röhre dient zugleich als Mastbaum und trägt an der Segelstange ein großes Segel. Eine eigne kleine Pumpe versieht den Kessel mit Wasser. Die Kolben des Cylinders haben gewöhnlich eine genau anschließende Federliederung.

Man macht die Dampfmaschinen nicht gern zu groß, damit sie das Schiff (das doch noch andere Lasten tragen soll) nicht zu sehr beschweren. Man läßt ihre Kraft der Stärke von 14 bis 16 Pferden gleich seyn. — Gewöhnlich kostet die Maschine so viele mal 50 Pfund Sterlinge, als sie Pferde repräsentirt.

§. 283.

Unter dem Namen Dampfpferde (Steam-Horses) hat man in England schon seit etlichen Jahren durch Dampfmaschinen in Bewegung gesetzte Wagen eingeführt, welche zum Transport der Steinkohlen auf Eisenwegen (§. 196.) laufen. Bey der Stadt Leeds sind mehrere solcher Dampfwagen in ununterbrochener Bewegung. Ein solcher Wagen zieht eine Last von 1500 Centnern Steinkohlen von den Gruben bis zur Kanalablage 3 englische Meilen weit.

Die Lasten, welche der Dampfwagen ziehen soll, werden auf besondere einfache, auf vier Rädern ruhende und auf den Schienen der Eisenbahn laufende Lastwagen geladen. Diese Wagen werden durch kurze Ketten, der nächste mit dem Dampfwagen, die folgenden einer mit dem andern, in Verbindung gesetzt.

Auch in Schlesien ist wenigstens schon ein solcher Dampfwagen zum Transport von Steinkohlen in Thätigkeit. Er ist aber einer von der kleinsten Art; denn er bewegt nur eine Last von 50 Centnern fort, durchläuft mit derselben in einer Minute einen Raum von 50 Schritten und consumirt täglich $1\frac{1}{2}$ Bergscheffel Steinkohlen.

§. 284.

Der Wagen, auf welchem die Dampfmaschine sich befindet, ist von der Größe und Form eines kleinen

Weinwagens mit einem einzelnen Fahrfasse. Er hat gleichfalls vier niedrige ganz eiserne Räder, wie die hinten angehängten Kohlenwagen. Aber er hat auch noch ein fünftes Rad, nämlich ein in der Mitte zwischen dem linken Hinter- und Vorderrade umlaufendes gezahntes Stirnrad, welches in die 2 Zoll langen, 2 Zoll dicken, ohngefähr auch 2 Zoll von einander abstehenden, oben abgerundeten Zähne greift, die an der einen Seite der Eisenweg-Schienen angegossen sind. Durch zwey kleinere Stirnräder, die an zwey mit Kurbeln versehenen Leitstangen oder Leitarmen angebracht sind, wird dieses Stirnrad herumgetrieben. Die Kurbeln selbst erhalten ihre Bewegung unmittelbar von den auf- und niedergehenden Kolbenstangen in zwey zehnzolligen Cylindern, die sich in dem Dampfkessel selbst befinden und nur so weit herausragen, als es die Disposition der Hähnen nothwendig macht, welche durch die Kolbenstangen selbst mittelst der Leitarme geöffnet und geschlossen werden. Während der Hahn der obern Dampfzuführungsröhre sich öffnet, um Dampf über den Kolben zu lassen, so wie der Hahn zu der untern Dampfabführungsröhre, um dem Dampfe unter dem Kolben einen Abzug zu verstatten, so schließt sich die untere Dampfzuführungsröhre und die obere Dampfabführungsröhre; und wenn gleich hierauf zum Hinauftreiben des Kolbens die letzteren beyden Röhren sich öffnen, so schließen sich die ersteren beyden; u. s. f. In dem Dampfkessel selbst befindet sich auch der Ofen, um mit wenigem Feuer die größte Menge Dampf hervorzubringen.

Das Ganze ist mit hölzernen Dauben eingefaßt,

die durch eiserne Reifen zusammengebunden sind. Dadurch erhält es beynahe das Ansehen eines Fasses. Der hintere und vordere Boden sind frey und von sehr starkem Eisenblech. An dem hintern Boden ist das Loch zur Feuerung angebracht und an dem vordern der gekröpfte 16 Fuß hoch in die Luft ragende Schornstein. Dieser ist eigentlich ein Rohr von starkem Eisenblech. Durch ein anderes in der Mitte befindliches Rohr bläst der aus dem Cylinder entweichende Dampf mit lautem Zischen heraus. Oben auf dem Fasse bemerkt man noch die beyden Sicherheitsventile.

Da wegen Mangel an Raum zur Mitführung von Wasser und wegen Vereinfachung der Maschine kein Condensator da ist, so wird sie blos durch die ausdehnende Kraft des Dampfes getrieben, die aber auch so stark ist, daß sie auf jeden Quadratzoll wenigstens mit einer Kraft von 60 Pfunden drückt. Die Gefahr des Zerspringens ist daher allerdings da; die hölzerne Einfassung soll sie nach Möglichkeit verringern. Der Kolben jedes Cylinders thut übrigens 60 Hübe in der Minute; die Größe des Kolbenhubs ist 2 Fuß. Die Bewegung des Wagens mit der Maschine ist so groß, daß ein Mann in starkem Schritt kaum folgen kann. Durch stärkere Dampferzeugung kann man die Geschwindigkeit der Kolben leicht bis auf 80 Hübe in der Minute vermehren.

Bey dem Schlesischen Dampfwagen ist der cylinderförmige eiserne Dampfkessel (welcher mit 16 Eimern Wasser etwa bis zur Hälfte gefüllt wird) 4 Fuß 3 Zoll lang, und 2 Fuß weit. Jeder Stiefel (Dampfcylinder) ist 1 Fuß 3 Zoll weit. Neun bis zehn Stunden lang hinter einander wird der Wagen durch den sich erzeugenden Dampf im Gange erhalten.

§. 285.

Nicht blos zur Betreibung aller Arten von Fabrikmaschinen, sondern auch für die Oekonomie und das gemeine Leben hat Herr von Reichenbach in München die Dampfmaschinen gesucht in Gebrauch zu bringen, und zwar nicht etwa auf eisernen oder hölzernen Kunstbahnen, sondern sogar auf den gewöhnlichen Heerstraßen, bergauf und bergab. Bis jetzt scheint sein Bemühen noch nicht geglückt zu seyn. Es stehen ihm aber auch eine Menge Hindernisse im Wege, welche insgesammt hinwegzuräumen wohl kaum möglich seyn dürften. Soll die Maschine z. B. tragbar und fahrbar werden, so muß, unbeschadet ihrer Wirksamkeit und mit Beseitigung aller Gefahr, Dampfkessel und Dampfcylinder einen möglichst kleinen Raum einnehmen. Das Rütteln und Stoßen darf weder den Gang der Maschine, noch auch das Kochen des Wassers und die ordentliche Fortführung des Dampfes stören; die Verdichtung der Dämpfe durch kaltes Wasser durfte daher wohl nicht statt finden. Jeder gemeine Arbeiter mußte leicht ihren Mechanismus verstehen, sie leicht behandeln und im Gange erhalten können; deßwegen mußte auch die Steuerung möglichst einfach seyn, die Füllung des Kessels ohne Umstände erzielt werden können; die Maschine mußte ohne bedeutende Kosten anzuschaffen seyn, mit geringem Aufwand von Brennmaterial in Bewegung gesetzt und eben so darin erhalten werden können; u. s. w.

Selbst die englischen Dampfwagen (§. 283 f.) sollen seit ein Paar Jahren in großer Anzahl wieder abgeschafft seyn, theils wegen der großen Gefahr, die

bey allen Dampfmaschinen mit sehr verstärktem Druck des Dampfes (High-pressure-Engines) statt findet, theils weil sie durch das stete Hin- und Herfahren, trotz der sanften gleichförmigen Bewegung auf den glatten Eisenbahnen, bald abgenutzt und unbrauchbar werden. Vielleicht aber kommt Herrn von Reichenbachs bekanntes Genie zur Beseitigung jener Mängel auf Mittel, woran noch Niemand gedacht hat.

Als Literatur der Dampfmaschinen bringe ich hier, außer den bekannten Werken des Leupold, Belidor, Calvör, Poda, Cancrin, Delius, Langsdorf, und dem Neuen Magazin der Erfindungen bis 1826, noch folgende bey:

C. Maillard, Théorie des Machines à feu. Petersburg 1787. 8.

Theorie der Feuermaschinen des Herrn Maillard; a. d. Französ. übers. von Karsten; in J. F. Lempe's Magazin für die Bergbaukunde. Th. III. Dresden 1786. 8. S. 99 f.; Th. IV. 1787. S. 3 f.

A. W. Köhler, Bergmännisches Journal. Jahrg. III. Freyberg 1790. 8. S. 198 f.; Bd. II. S. 20 f.; Jahrg. IV. Bd. I. 1791. S. 16 f.; Jahrg. VI. 1794. S. 444 f.; Jahrg. VII. 1795. S. 241 f. Ueber verschiedene Arten von Dampfmaschinen.

Repertory of Arts and Manufactures. Vol. 1 bis 45. London 1794 - 1820. 8. Ist reich an Abhandlungen über Dampfmaschinen, selbst der berühmtesten des Watt, Boulton, Hornblower, Cartwright, Trevithick, Lean, Clegg, Woolf u. a.

Prony's neue Architektura hydraulika; a. d. Französ. übers. von K. Chr. Langsdorf. Th. II. welcher eine vollständige Beschreibung der Dampfmaschinen enthält. Frankfurt a. M. 1801. 4.

C. G. H. Kunze, Schauplatz der gemeinnützigsten Maschinen. Bd. III. Abth. 1. Hamburg 1802. 8. Dampfmaschinen, größtentheils im Auszuge aus Prony.

Graf G. v. Bucquoi, Vorschlag zu einer Dampfmaschine, welche sich leicht und mit wenigen Kosten bauen läßt. Leipzig 1812. 8.

J. v. Baader, Bemerkungen über die vom Herrn von Reichenbach angekündigte Verbesserung der Dampfmaschinen und die Anwendung derselben auf Fuhrwerke. München. 1816. 8.

A practical Treatise on propelling Vessels by Steam &c. by Robertson Buchanan. Glasgow 1816. 8.

Rob. Buchanan, über die Erfindungen durch Dampf und andere neue Mittel, Schiffe in Bewegung zu setzen; a. d. Engl. von E. Jken. Bremen 1817. 8.

J. G. Peschel, Ansicht der Dampfmaschine und ihre Verbesserung. Dresden 1817. 8.

J. H. M. Poppe, Encyclopädie des gesammten Maschinenwesens. Th. I. Neue Aufl. 1820. 8. Art. Dampfmaschinen, Dampfschiffe und Dampfwagen (Auch erster und zweyter Supplementband der ersten Aufl. 1816. 1818. Art. Dampfmaschinen.)

Dreyzehnter Abschnitt.

Die Maschinen zur Zeiteintheilung oder die Uhren.

§. 286.

Die Maschinen zur Zeiteintheilung, namentlich die Räderuhren, welche entweder durch ein trocknes Gewicht (ein Bleygewicht) oder durch eine elastische Stahlfeder in Bewegung gesetzt werden, gehören ohnstreitig unter die sinnreichsten Maschinen, welche es

giebt. Die Uhren sollen den Tag regelmäßig in diejenige Anzahl gleicher Theile theilen, welche man Stunden, Minuten und Sekunden nennt. In dieser Absicht muß ein aus Stirnrädern, Kammrädern und Getrieben bestehendes Räderwerk, womit noch Hebel, Rollen und manche andere Theile verbunden sind, so in Bewegung gesetzt werden, daß dadurch Wellen mit Zeigern in eine langsame, aber sehr gleichförmige Umdrehung kommen. Diese Zeiger müssen auf den in gleiche Theile (für die Stunden, Minuten und Sekunden) getheilten Kreisen des Zifferblatts in den abgemessenen Zeiträumen herumgehen. Es giebt aber nicht blos Gehuhren, d. h. solche, welche die Zeit auf dem Zifferblatte zeigen, sondern auch Schlaguhren, welche dieselbe Zeit schlagen oder durch einen Klang bemerklich machen.

Sonnenuhren, Wasseruhren und Sanduhren (die ältesten unter allen Maschinen zur Zeiteintheilung, zu welchem erst vom 11ten Jahrhundert an die Räderuhren kamen) übergehe ich hier; eben so auch diejenigen künstlichen Uhren, welche nicht zur Zeiteintheilung, sondern zu andern Zwecken bestimmt sind; z. B. die Planetenmaschinen, die Spieluhren, Automaten u. d. gl.

§. 287.

Man kann alle Uhren 1) in große, unbewegliche Uhren oder Gewichtuhren und 2) in kleine, tragbare Uhren oder Federuhren eintheilen. Die erstern bleiben an der ihnen einmal angewiesenen Stelle und können nicht ohne Störung des Ganges von einem Orte zum andern gebracht werden. Ein trocknes Gewicht (ein Bleygewicht) setzt sie in Bewe-

gung. Zu ihnen gehören die Thurmuhren und die Wanduhren. Die tragbaren Uhren, die eine zusammengewickelte elastische Stahlfeder in Bewegung setzt, sind entweder Tischuhren (Tafeluhren, Standuhren) oder Taschenuhren (Sackuhren) und Stutzuhren.

Man kann die Uhren aber auch in Pendeluhren und in Unruhuhren eintheilen. Bey den Pendeluhren ist die Hemmung (d. h. die Vorrichtung, welche das langsame Umdrehen des Räderwerks bewirkt) mit dem Pendel oder Perpendikel, als Regulator des Ganges, verbunden; bey den Unruhuhren mit der Unruhe oder dem kleinen Schwungrade. Zu den Pendeluhren gehören die Thurmuhren, Wanduhren und Tisch- oder Standuhren; zu den Unruhuhren die Taschenuhren und die Stutzuhren. Nur die Unruhuhren können in alle mögliche Lagen gebracht werden, man kann mit ihnen gehen, laufen, fahren, reuten ꝛc. ohne daß dadurch ihr Gang gestört wird. Mit den Pendeluhren kann man dies nicht, weil das Pendel stets in einer vertikalen Fläche hin- und herschwingen muß.

I.

Das Gehwerk der großen Uhren.

§. 288.

Mehrere Stirnräder und Getriebe, die in einander greifen, machen das Haupt-Räderwerk einer großen Uhr aus. Sie drehen sich in einer vertikalen Fläche um horizontale Wellen, deren Zapfen ihr Lager in dem Gestelle haben, wovon das Werk umschlossen wird.

Das erste Rad, worauf die bewegende Kraft zunächst wirkt, ist das größte und stärkste; die übrigen nehmen an Größe und Stärke immer mehr ab. An der Achse des großen Rades befindet sich eine hohle metallene Walze, von kleinerem Durchmesser als der Durchmesser des Rades. Diese Walze dreht sich um die Achse des Rades. Sie sitzt nämlich fest auf einer Welle, welche durch die Mitte des Rades geht. Die eine Grundfläche der Walze, welche auf die Fläche des Rades zu liegen kommt, enthält fest auf sich ein concentrisches Sperrrad, wie *a* Fig. 2. Taf. VI. Dies dreht sich also zugleich mit herum, wenn sich die Walze um jene Welle dreht. Auf der Fläche des Rades aber sitzt der bewegliche Sperrhaken oder Sperrkegel *b*, der von der Feder *c* gedrückt wird, so fest, daß der Sperrkegel in die Zähne des Sperrrades zu liegen kommt, und daß der Sperrkegel von Zahn zu Zahn fällt, wenn man die Walze mit dem Sperrrade von der Rechten nach der Linken zu dreht. Von der Linken nach der Rechten (also den verkehrten Weg) kann man das Sperrrad und die Walze nicht drehen, ohne daß man das Hauptrad (das Walzenrad) mit herumdreht, weil der Sperrhaken *b* dies verhütet.

An die Walze ist das Ende einer Schnur oder einer Darmsaite befestigt, woran das die Uhr treibende Bleygewicht hängt. Steckt man den Uhrschlüssel auf das vierkantige Ende des verlängerten Zapfens der Walze und dreht man die Walze von der Rechten zur Linken um, so windet sich die Schnur um die Walze und dadurch wird das Gewicht aufgezogen. Hört man auf mit Drehen, so kann die Walze, vermöge der Schwere des Gewichts, nach der andern Richtung nur

sammt dem Walzenrade sich herumdrehen. Das Walzenrad greift in ein Getriebe; dieses Getriebe enthält wieder ein Rad, das in ein Getriebe greift, u. s. w. So wird durch das aufgezogene Gewicht das ganze Räderwerk umgetrieben.

Viele Pendeluhren haben, statt der Walze, nur eine auf dem ersten Rade concentrisch sitzende Rolle, um deren Peripherie die Schnur geschlagen ist, welche an ihrem einen Ende das Gewicht trägt. Das andere Ende der Schnur, woran man das Aufziehen verrichtet, enthält ein kleines Gegengewicht. Durch ein Gesperre, wie bey der Walze, läßt sich die Rolle nur nach einer Seite auf ihrem Rade umdrehen.

§. 289.

Aber ohne weitere Vorrichtung würde das Räderwerk mit beschleunigter Bewegung umgedreht werden und in wenigen Sekunden würde das Gewicht abgelaufen seyn. Soll die Maschine zur Zeitmessung geschickt werden, so muß das Räderwerk ganz langsam sich bewegen und das Gewicht nur allmählig (wenigstens erst in 24 Stunden) ablaufen, ehe es von neuem braucht aufgezogen zu werden. Die Vorrichtung, welche dies bewirkt, ist die Hemmung, das Stoßwerk (Echappement).

Die Welle des letzten Getriebes *a* Fig. 3. Taf. VI. enthält ein Rad *bb* mit schrägen Zähnen, das sogenannte Steigrad. In die Zähne dieses Steigrades greift von oben ein ankerähnlicher stählerner Theil *de*, der an einer Welle *c* festsitzt, welche um ein Paar Zapfen beweglich ist. Fig. 4. sieht man den Anker von der Seite sammt seiner Welle *cf*.

Die Haken *d* und *e* der Ankerarme liegen auf folgende Art zwischen den Zähnen des Steigrades. Wenn der eine Haken bis auf dem Grunde der Zähne liegt, so steht der andere über den Spitzen hinaus. Dreht sich nun das Steigrad *bb*, mittelst der übrigen Räder durch die bewegende Kraft getrieben, um, so wird dadurch der Anker stets zum Hin- und Herwiegen gebracht. Das Steigrad wirft nämlich den einen Haken stets aus seinen Zähnen heraus, während der andere auf der entgegengesetzten Seite des Rades hineinfällt. Wird z. B. *d* herausgeworfen, so fällt *e* wieder ein; und umgekehrt. Das Rad findet also an dem Anker ein beständiges Hinderniß, das die Bewegung des Rades nicht ganz aufhebt, sondern nur seine Freyheit sich schnell umzudrehen einschränkt. Es bewegt sich also langsam herum und macht eben dadurch mehrere Rad-Wellen geschickt, für die Zeitbestimmung Zeiger zu tragen. — Man nennt übrigens den Anker *cde* englischen Haken, weil ihn der Engländer Clement (im Jahr 1680) erfand. Früher hatte man auch bey großen Uhren blos diejenige Steigrads-Hemmung, welche wir bey den Taschenuhren (§. 299.) kennen lernen werden.

§. 290.

Aber auch jetzt würde die Uhr noch zu schnell ablaufen, wenn mit dem Anker nicht noch das Pendel oder Perpendikel verbunden wäre. Die Welle *cf* des Ankers Fig. 4. enthält nämlich auf der dem Anker gegenüber liegenden Seite *f* einen herunterhängenden Arm *fh*, welcher unten bey *h* rechtwinklicht gebogen ist. Dieser Theil *h* hat in seiner Mitte, der Länge nach,

einen Einschnitt, und deswegen wird er auch Gabel genannt. In dieser Gabel *h* liegt die Stange *hi* des Pendels.

Das Pendel (§. 22.) besteht bey der Uhr aus der Pendelstange und der Pendellinse. Erstere ist gewöhnlich von Eisen oder Stahl; letztere, welche das Gewicht des Pendels darstellt, von Bley, mit Messing eingefaßt. Die linsenförmige Gestalt des Pendelgewichts hat den Zweck, daß es so leichter oder mit geringerm Widerstande die Luft durchschneidet, weil es sich mit der schmalen Kante (der Schärfe) durch die Luft hin- und herbewegt. Oben bey *g* hat das Pendel seinen Umdrehungspunkt auf einem festen Lager des Gestelles. Entweder hängt nämlich die Pendelstange (namentlich bey kleinern Pendeluhren) an einem seidenen Faden, der bey *g* seine Befestigung hat; oder an einer dünnen elastischen Stahlfeder *hg*, welche mittelst eines Knopfes bey *g* befestigt ist; oder sie geht bis an's Ende als Stange fort, wo sie eine kleine glatte messingene Kugel (eine Nuß), auch wohl einen andern sehr wenig reibenden Theil enthält, der auf einer eignen glatten stählernen Unterlage ruht.

Wenn also der englische Haken, folglich auch der Theil *fh*, auf die bewußte Art zum Hin- und Hergange gebracht wird, so muß auch das Pendel *gi*, nachdem man ihm nur einen Seitenstoß gegeben hatte, hin- und herschwingen, und zwar desto langsamer (§. 23 f.), je länger es ist. Dadurch wird nun der Gang des Steigrades aufgehalten, aber auch zugleich der Gang der Uhr regulirt. Denn wirkten auch Ungleichheiten des Räderwerks auf die Bewegung des

Ankers, so würde das Pendel diese Ungleichheiten durch seine Schwingungen verbessern. Ein Pendel nämlich, das zum Hin- und Herschwingen einen Antrieb erhalten hat, setzt seine Schwingungen auch ohne neuen Antrieb noch immer eine Zeitlang mit gleicher Geschwindigkeit fort.

Das Pendel ist gewöhnlich so eingerichtet, daß sich seine Länge verändern, daß es sich verlängern oder verkürzen läßt, wenn die Uhr langsamer oder geschwinder gehen soll. Der untere Theil der Pendelstange enthält nämlich eine Schraube mit einer Mutter *k*, und auf dieser Mutter ruht das Pendelgewicht oder die Linse. Schraubt man nun die Mutter höher, so kommt auch die Linse höher hinauf, das Pendel wird verkürzt und die Uhr geht geschwinder. Schraubt man die Mutter herunter, so kommt auch die Linse tiefer herab, das Pendel wird länger und die Uhr geht langsamer. Setzte man die Schwere der Pendelstange bey Seite, so würde die Länge des Pendels von dem Aufhängepunkte *g* bis zur Mitte der Pendellinse gerechnet werden. Diese Mitte wäre dann der Mittelpunkt des Schwunges. Da aber auch die Pendellinse aus materiellen Theilen besteht, so fällt der Mittelpunkt des Schwunges etwas höher hinauf.

§. 291.

Was die Anzahl der Räder und Getriebe der Uhr und die Anzahl der Zähne und Triebstöcke betrifft, so richtet sich diese nach der Zeit, welche die Uhr in einem Aufzuge gehen soll und nach der Art der Umdrehung, welche man gewissen Wellen geben will. Dem Steigrade giebt man gewöhnlich 30 Zähne und richtet die Länge des Pendels so ein, daß dieses Rad in einer Minute einmal herumkommt, folglich seine Welle geschickt sey, über dem Zifferblatte den Sekundenzeiger

zu tragen. Wenn die Uhr nun alle 24 Stunden aufgezogen werden soll, so braucht man, außer dem Steigrade, nur noch zwey Stirnräder und zwey Getriebe. Das Walzenrad greift dann in das Getriebe des zweyten Rades oder sogenannten Mittelrades, und dieses greift in das Getriebe des Steigrades.

Gesetzt, die Uhr solle 30 Stunden gehen, bis sie ganz abgelaufen ist. Man schließt dann so: 30 Stunden sind 1800 Minuten. Wie vielemal soll das in 1 Minute herumkommende Steigrad umlaufen, während das erste Rad, das Walzenrad sammt der Walze, einmal sich umdreht (§. 70 f.)? Gehen 18 Umwickelungen der Schnur um die Walze, so macht diese und ihr Rad bis zum Ablaufen 18 Umdrehungen. Diese 18 Umdrehungen dauern 1800 Minuten; folglich dauert eine Umdrehung der Walze und des Walzenrades 100 Minuten. Das Steigrad muß also 100mal herumkommen, während das Walzenrad einen Umgang macht. Man kann diese 100 in die Faktoren $10 \cdot 10 = \frac{10}{1} \cdot \frac{10}{1}$ zerfällen. Wählt man nun zwey Getriebe von 8 und von 6 Triebstöcken, so bekommt man Räder von 80 und von 60 Zähnen (Walzenrad und Mittelrad). Alsdann ist

$$\frac{80}{8} \cdot \frac{60}{6} = 100.$$

Da nun das Walzenrad in 100 Minuten eine Umdrehung macht, und die Schnur sich 18mal um die Walze wickelt, so geht die Uhr $100 \cdot 18 = 1800$ Minuten oder $\frac{1800}{60} = 30$ Stunden in einem Aufzuge.

Die Uhr muß immer etwas länger gehen, als die bestimmte Zeit des Aufzugs ist, damit sie nicht in Stillstand komme, wenn man auch einmal eine Stunde oder ein Paar Stunden über die bestimmte Zeit vorübergehen läßt.

§. 292.

Die Achttageuhr oder diejenige Uhr, welche in einem Aufzuge acht Tage geht, hat ein Zusatzrad nöthig. Das Walzenrad (auch wohl Bodenrad genannt) greift in das Getriebe des zweyten Rades, des Minutenrades (dessen Welle den Minutenzeiger tragen soll); dieses greift in das Getriebe des dritten Rades oder Mittelrades, welches wieder in das Getriebe des Steigrades greift. Bedenkt man wieder, daß 8 Tage = 192 Stunden = 11520 Minuten sind, und läßt man beym Aufzuge die Schnur 16mal um die Walze sich wickeln, so macht ein Umgang der Walze und des Walzenrades $\frac{11520}{16} = 720$ Minuten. Da nun das Steigrad in einer Minute herumkommt, so macht es 720 Umläufe während einer Umdrehung der Walze und des Walzenrades.

Zerfällt man z. B. die 720 in die drey Faktoren

$$10 \cdot 9 \cdot 8 = \frac{10}{1} \cdot \frac{9}{1} \cdot \frac{8}{1}$$

und nimmt man drey Getriebe von 8, 7 und 6 Triebstöcken an, so bekommt man drey Räder von 80, 63, und 48 Zähnen; denn

$$\frac{80}{8} \cdot \frac{63}{7} \cdot \frac{48}{6} = 720.$$

Aber das zweyte Rad, welches man in die Mitte des Uhrgestelles (der Uhrplatte) setzt, würde nun nicht

in 60 Minuten (1 Stunde) sondern in 72 Minuten ($=\frac{63}{7} \cdot \frac{48}{6} = 9 \cdot 8$) herumkommen. Soll es genau in 60 Minuten einen Umgang vollenden, damit seine Welle den Minutenzeiger tragen könne, so muß man 720 durch 60 dividiren, damit der Faktor für das Walzenrad übrig bleibe. Dieser wäre hier also 12 ($=\frac{720}{60}$). Zerfällt man nun 60 in die Faktoren 10 . 6; so hat man $\frac{12}{1} \cdot \frac{10}{1} \cdot \frac{6}{1}$; und nimmt man etwa lauter Getriebe von 8 Triebstöcken, so bekommt man drey Räder (Walzenrad, Minutenrad und Mittelrad) von 96, von 80 und von 48 Zähnen. Denn

$$\frac{96}{8} \cdot \frac{80}{8} \cdot \frac{48}{8} = 720.$$

Das Walzenrad kommt demnach in 720 Minuten = 12 Stunden einmal herum, und wegen der 16 Umwickelungen geht die Uhr 12 . 16 = 192 Stunden = 8 Tage in einem Aufzuge.

§. 293.

Eine Monatsuhr, die man nur alle Monat einmal aufzuziehen braucht, erfordert zwey Zusatzräder. Bedenkt man z. B., daß 30 Tage = 720 Stunden sind, und nimmt man 12 Umwickelungen der Schnur um die Walze an, so kommt auf eine Umwickelung, folglich auf einen Umgang der Walze und des Walzenrades $\frac{720}{12}$ = 60 Stunden = 3600 Minuten. Daher macht das Steigrad 3600 Umdrehungen, während einem

Umgange des Walzenrades. Zerfällt man 3600 in vier Faktoren, etwa in

$$10 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 6 = \frac{10}{1} \cdot \frac{6}{1} \cdot \frac{10}{1} \cdot \frac{6}{1}$$

und wählt man für die ersten beyden Getriebe 10, für die letzten beyden 6 Triebstöcke, so bekommt man von dem Walzenrade an, vier Stirnräder mit 100, 60, 60 und 36 Zähnen. Alsdann ist

$$\frac{100}{10} \cdot \frac{60}{10} \cdot \frac{60}{6} \cdot \frac{36}{6} = 3600.$$

Das Walzenrad kömmt also in 3600 Minuten = 60 Stunden = 2 Tagen 12 Stunden einmal herum, und die Uhr geht wegen der 12 Umwickelungen der Schnur um die Walze 12mal 2 Tage und 12mal 2 Stunden oder 30 Tage. — Hätte man der Schnur 13 Umwickelungen gegeben, so würde die Uhr 32 Tage 12 Stunden in einem Aufzuge gegangen seyn.

Die Welle des dritten Rades kann den Minutenzeiger tragen, weil sie in 60 Minuten einmal herumkommt. Denn

$$\frac{60}{6} \cdot \frac{36}{6} = 60; \text{ und } \frac{3600}{60} = 60.$$

§. 294.

Wenn man die Schnur, woran das Gewicht hängt, öfter um die Walze gehen läßt, so kann man den Gang der Uhr verlängern, ohne das Räderwerk zu vermehren. Freylich wird dann auch der Fallraum des Gewichts größer. Indessen pflegt man diesen Fallraum dadurch zu verringern, daß man das Gewicht mittelst eines Flaschenzugs aufhängt, d. h. mittelst einer oder

mehrerer Zugrollen (§. 47 f.) und zwar so, daß das eine Ende der Schnur um die Walze geschlagen, das andere aber an das Uhrgehäuse (den Uhrkasten) befestigt wird. Eine Rolle verdoppelt, zwey Rollen vervierfachen den Gang der Uhr und zugleich die Schwere des Gewichts so, daß letzteres, zu einerley Wirkung nur halb so schwer oder nur ein Viertel so schwer, als ohne die Rollen zu seyn braucht.

Damit die Uhr beym Aufziehen nicht in Stillstand gerathe, so bringt man an guten Pendeluhren folgenden leichten Mechanismus an, den die Franzosen Remontoir nennen. Neben dem einen Rade, und zwar bey der Monatsuhr neben dem dritten, liegt ein Arm, auf den eine Feder drückt. Diesen Arm kann man zur Zeit des Aufziehens so zwischen ein Paar Zähne des Rades schieben, daß er durch den Druck seiner Feder das Rad eben so eine Strecke weit umdreht, als wenn man dies mit dem Finger thäte. Dadurch bleibt die Uhr während des Aufziehens im Gange, auch wenn das Gewicht eine kurze Zeit aufhörte, auf das Räderwerk zu wirken.

§. 295.

Jetzt kommt es noch darauf an, daß die Minuten und Stunden aus einer und derselben Mitte des Zifferblatts von den Zeigern gewiesen werden. Der eine Zapfen des Minutenrades, oder desjenigen in der Mitte zwischen den Uhrplatten liegenden Rades, welches in 60 Minuten = 1 Stunde einmal herumkommt, ist so lang, daß er noch eine Strecke über dem Zifferblatte hervorragt. Unter dem Zifferblatte, auf der äußern

Seite der sogenannten Pfeilerplatte, wird auf diesen langen Zapfen ein Rohr *a* Fig. 5 geschoben, woran unten ein Getriebe (oder ein kleines Stirnrad) festsitzt. Die untere Hälfte dieses sogenannten Minutenrohrs ist cylindrisch rund, die obere Hälfte (oder auch wohl nur das obere Drittel) ist vierkantig. Dieses vierkantige Ende trägt eigentlich den Minutenzeiger mit seinem viereckigten Loche. Das Getriebe dieses Minutenrohrs greift in ein um einen Stift bewegliches Stirnrad *b*, das Wechselrad. Dieses enthält auf seiner Mitte ein Getriebe, welches in das Stundenrad *c* greift. Letzteres bewegt sich concentrisch mit dem Minutenrohre.

Das Minutenrohr sitzt blos mittelst der Friktion so fest auf dem langen Zapfen des Minutenrades, daß es sich mit dem Zapfen zugleich umdreht. Das Stundenrad *c* aber hat in seiner Mitte eine Röhre, welche über das Rohr *a* paßt, und zwar ganz lose mit solchem Spielraume, daß es um *a* gedreht werden kann, ohne sich darauf zu reiben. Die Röhre des Stundenrades trägt unter dem Minutenzeiger den Stundenweiser. Daher muß sie kürzer seyn, als das Rohr *a*, und das Stundenrad selbst muß genau in 12 Stunden einmal herumkommen, um den Stundenzeiger geschickt zu machen, auf dem Zifferblatte die Stunden zu weisen, sowie der Minutenzeiger die Minuten angiebt.

Man muß also das Räderwerk Fig. 5., welches man Weiserwerk (auch Vorgelege der Uhr) nennt, so einrichten, daß *c* in 12 Stunden herumkommt, daß es folglich eine Umdrehung macht, während das in einer Stunde einmal herumkommende Minutenrohr

12 Umdrehungen vollendet. Zerfällt man 12 in die Faktoren $4 \cdot 3 = \frac{4}{1} \cdot \frac{3}{1}$ und giebt man sowohl dem Getriebe des Minutenrohrs *a*, als auch dem Getriebe des Wechselrades *b* 10 Triebstöcke, so bekommt das eine Rad 40, das andere 30 Zähne; denn

$$\frac{40}{10} \cdot \frac{30}{10} = 12.$$

Wollte man dem einen Getriebe 12, dem andern 10 Triebstöcke geben, so hätte man zwey Räder von 48 und von 30 Zähnen erhalten.

Unter den grösten Uhren sind für den Staatswirth, namentlich für den Polizeybeamten, die Polizeyuhren oder Sicherheitsuhren, wodurch das Rufen und Blasen (auch Pfeifen und Klappern) der Nachtwächter abgestellt werden soll, sehr bemerkens- und beachtenswerth. Von den zwölf Fächern eines in 12 Stunden umgehenden Rades, wird nach geendigter Stunde eins immer so vor die Oeffnung eines Gehäuses geführt, daß der Nachtwächter ein Zeichen hineinwerfen kann. Solche Uhren, die, weil sie blos ein einfaches Gehwerk enthalten, sehr wohlfeil (hauptsächlich wenn man sie in grösserer Menge verfertigen läßt) geliefert werden können, sind stationenweise in der Stadt vertheilt. Der Polizeybeamte, welcher den Schlüssel zu den Gehäusen hat, sieht an den eingeworfenen Zeichen, ob der Nachtwächter seine Schuldigkeit gethan hat.

II.

Das Gehwerk der kleinen Uhren.

§. 296.

Unter den kleinen Uhren, welche durch eine spiralförmig zusammengewickelte Stahlfeder in Bewegung

gesetzt werden, sind die im Jahr 1500 von dem Nürnberger Künstler Peter Hele erfundenen Taschenuhren die allernutzbarsten und wichtigsten. Die bewegende Kraft und das Haupt-Räderwerk der Uhr sind zwischen ein Paar durch Pfeiler parallel vereinigte kreisrunden Platten in folgender Ordnung eingeschlossen.

Die dünne ohngefähr Strohhalms breite, gehärtete und blau angelassene, in spiralförmigen Gängen um sich selbst herumlaufende Stahlfeder ist in dem Gehäuse *A* Fig. 6. der sogenannten Trommel eingeschlossen. Beym Aufziehen wird sie noch enger, ohngefähr noch vier- bis fünfmal um sich selbst, herumgewunden. Indem sie sich hierauf vermöge ihrer Elasticität wieder ausbreiten will, so wirkt sie zunächst auf ihr Gehäuse und dreht dieses von der Rechten zur Linken um. Mit dem Gehäuse ist die beym Aufziehen um die Schnecke *B* gewickelte Kette verbunden. Das sich umdrehende Federhaus zieht daher die Kette nach sich hin und um sich herum, dreht daher auch die Schnecke und das concentrisch auf derselben sitzende Schneckenrad *C* um. Dieses greift in das Getriebe *c*, woran das Rad *D*, das Minutenrad oder große Bodenrad, festsitzt. Letzteres greift in das Getriebe *d* des kleinen Bodenrades oder Mittelrades *E*, welches wieder das Getriebe *e* des Kronrades *F* in Bewegung setzt. Das Kronrad *F* greift in das liegende Getriebe *f* des Steigrades *G*, welches mit der die Unruhe *H* tragenden Spindel die Hemmung der Uhr ausmacht. — Zieht also die Feder vermöge des Bestrebens, sich wieder auszubreiten, so dreht sie mittelst der Kette die Schnecke und das ganze Räderwerk um und die

Hemmung vermindert die Geschwindigkeit der Drehung wieder eben so, wie bey den großen Uhren.

§. 297.

Damit aber die Feder ihr Gehäuse umdrehen könne, so muß ihr inneres Ende an die unbeweglich stehende Federwelle, ihr anderes Ende an die innere Seitenwand des Gehäuses befestigt seyn. Die Federwelle, welche durch die Mitte der Trommel geht, wird auf der äußern Seite der einen Uhrplatte (Platte des Gestelles) durch ein Sperrrad mit Sperrhaken, auch wohl durch eine kleine Schraube ohne Ende unbeweglich fest gehalten. Inwendig hat die Welle einen kleinen Haken, welcher in das im innern Ende der Feder befindliche Loch eingreift.

Die aus lauter feinen stählernen zusammengenieteten Gliedern bestehende Kette hat an jedem Ende ein kleines Häkchen, durch welches man die Kette mit der Trommel *A* und mit der Schnecke *B* in Verbindung setzt. Das eine Häkchen wird in ein kleines Löchelchen oben nahe am Rande des Federhauses gesteckt; hierauf wird durch Umdrehung der Trommel die Kette um dieselbe gewickelt, und zuletzt wird das andere Kettenhäkchen in ein Löchelchen unten am Rande der Schnecke eingehängt. Nun muß aber die Kette, auch wenn die Schnecke ganz von ihr entblößt und nur der Haken mit ihr verbunden ist, immer noch angespannt (nicht schlaff) auf der Trommel liegen. Dies bewirkt man durch das vorhin erwähnte mit dem Federstifte verbundene Gesperre. Man dreht die Federwelle mit dem Sperrrade noch einen halben, auch wohl einen ganzen Umgang herum, und drückt dann den Sperrkegel fest in die Zähne ein.

Wenn man nun, beym Aufziehen der Uhr, den Schlüssel auf den vierkantigen Zapfen der Schnecke steckt und die Kette von der Trommel auf die Schnecke windet, so wird die Feder an ihrem innern Ende von der unbeweglichen Federwelle vermöge des Häkchens, festgehalten und nur die Trommel dreht sich durch den Zug der Kette um, wodurch sich die Feder in der Trommel enger zusammenwickelt.

§. 298.

Die Schnecke, welche die Ungleichheiten im Zuge der Feder corrigirt (§. 85.), darf sich begreiflich nur nach derjenigen Richtung, nach welcher sich die Kette um ihre Gänge windet, umdrehen. Nach der andern Richtung, wo die Feder sie mittelst der Kette zieht, muß sie mit ihrem Rade *C* einen einzigen gemeinschaftlich wirkenden Theil bilden, so, daß die Schnecke nicht umgedreht werden kann, ohne ihr Rad mit herum zu nehmen. Sie muß deswegen (wie die Walze §. 288.) mit einem Gesperre versehen seyn. Nämlich unter der Grundfläche, oder auch an der Kante der Grundfläche, befindet sich ein Sperrrad, wie *a* Fig. 2, und auf der Fläche des Schneckenrades ein Sperrkegel *b* mit der Sperrfeder *c*, welche den Sperrkegel in die Zähne des Sperrrades drückt. Die Welle der Schnecke geht willig durch die Mitte des Schneckenrades. Beym Aufziehen der Uhr erlaubt also nun das Gesperre die Umdrehung der Schnecke nach der bewußten Richtung. Nach der andern Richtung aber stemmen sich die Zähne des Sperrrades gegen den Sperrkegel und wenn sich nun die Schnecke durch den Zug der Feder allmälig herum-

dreht, so muß sie das Schneckenrad mit herumnehmen; folglich bewegt sich das ganze Räderwerk sammt der Hemmung. Ist die Schnecke von der Kette entblößt, und hat sie sich ganz um das Federhaus gewunden, so ist die Uhr abgelaufen. Dahin darf man es aber nicht kommen lassen.

Nun muß man beym Aufziehen der Uhr aber auch ein Merkmal haben, woran man erkennt, daß aufgehört werden muß, weil man sonst Kette oder Feder, oder beyde zusammen, zerreißen würde. Dazu dient folgende in der That sehr sinnreiche und einfache Vorrichtung. Die Schnecke hat oben auf ihrer schmälsten Fläche eine festgeschraubte stählerne schnabelartige Platte, wie *a* Fig. 7., die sogenannte Schneckenschnauze. Neben der Schnecke ist oben in einem an der Uhrplatte befestigten ganz kleinen Klöbchen *c* ein kleiner stählerner Hebel *b*, der Vorfall, um einen dünnen Stift auf und nieder beweglich. Eine dünne Feder *d*, die Vorfallfeder, drückt so unter den Vorfall *b*, daß dieser dadurch von der Fläche der Uhrplatte so abgehalten und niedergedrückt wird, daß die ziemlich nahe an jener Fläche hinstreifende Schnauze unter ihm hinweggehen kann. Dies geschieht nun beym Aufziehen der Uhr wirklich so lange, bis man damit zu Ende gekommen ist. Sobald der Vorfall *b* nahe an der Fläche der Uhrplatte und zwar in derselben Fläche liegt, in welcher sich die Schnauze bewegt, so muß die Schnauze vorn an ihn anstoßen, folglich kann man dann die Schnecke nicht weiter umdrehen und das Aufziehen ist zu Ende.

Die Kette *f* geht über dem Vorfalle hin, ohne ihn zu berühren, so lange sie sich noch um die untersten

Gänge windet. So wie sie in die höhern Gänge kommt, so nähert sie sich dem Vorfalle immer mehr und mehr. Endlich streift sie nahe an ihm heraus. Sie drückt ihn zuletzt nieder, und immer mehr nieder. Kommt sie in den letzten halben Gang, so drückt sie ihn ganz nahe an die Fläche der Platte, und nun muß der Vorfall gegen ihn stossen, wodurch dem Aufziehen Gränzen gesetzt wird. Beym allmäligen Ablaufen der Uhr entfernt sich die Kette immer mehr von der Fläche der Platte und schon nach dem Zurückgange der Kette aus dem obersten halben Schneckengange muß der Vorfall mittelst des Drucks seiner Feder schon so weit von der Fläche der Platte hinweggekommen seyn, daß die Schnauze wieder ungehindert unter ihm hingehen kann.

§. 299.

Zu der Hemmung der Taschenuhr gehört das kronenförmige Steigrad *G* und die Spindel mit der Unruhe *H*. Das Steigrad läuft zwischen ein Paar an die eine Uhrplatte geschraubte Klöbchen. Das vordere enthält zugleich einen Vorsprung für das Zapfenloch des untern Spindelzapfens. Der obere aus der Mitte der Unruhe ragende Spindelzapfen läuft in dem Loche eines größern Klobens, des Unruhklobens, weil unter ihm die Unruhe zu ihrem Hin- und Herschwingen Raum haben muß. Dieser Kloben, mit seinen Füßen (auch wohl nur mit einem Fuße) auf die Uhrplatte geschraubt, ist hübsch verziert und vergoldet.

Die Unruhe *H* ist fest auf die zarte Spindel genietet. Letztere hat zwey flügelartige Theile, Lappen, welche beyde in verschiedenen Flächen liegen, so daß sie

mit der Spindel wenigstens einen Winkel von 90 Graden (einen rechten Winkel) bilden. Diese Lappen liegen zwischen den Zähnen des Steigrades. Die obern Zähne des Steigrades müssen den einen, die untern den andern Lappen ergreifen. Da nun der eine Lappen nach dieser, der andere nach jener Richtung hinsieht, so können nicht zwey Zähne des Steigrades beyde Lappen zu gleicher Zeit in Bewegung setzen. Denn während der untere Zahn den untern Lappen zur Seite wirft, fällt der obere Lappen in einen obern Zahn z. und umgekehrt. Diese Bewegung dauert beständig so fort, wenn das Aufziehen der Uhr immer zur gehörigen Zeit vorgenommen und der Gang nicht durch einen fremden Umstand unterbrochen wird. Das stete Herauswerfen eines Lappens und Wiederhineinfallen des andern in die Zähne des Steigrades bewirkt denjenigen Zeitverlust, welcher die Maschine zum Zeitmesser brauchbar macht. Auch die Unruhe trägt dazu als Schwungrad das ihrige bey.

Die besten Unruhen sind die goldenen und die von Platin, weil sie dann für einerley Gewicht am dünnsten gemacht werden können und so, bey ihren Schwingungen hin und her, den geringsten Widerstand der Luft finden. Stählerne Unruhen taugen nichts, theils wegen ihres geringern specifischen Gewichts, theils wegen des leichten Rostens, dem sie ausgesetzt sind, vorzüglich aber wegen des Magnetismus, wovon sie zum Nachtheil ihrer Schwingungen afficirt werden.

§. 300.

Die Anzahl Räder und Getriebe, sowie deren Zähne und Triebstöcke, bestimmt man bey den Taschenuhren auf dieselbe Weise (§. 291 f.), wie bey den grossen

Uhren. Die gewöhnlichen Taschenuhren gehen 28 bis 30 Stunden in einem Aufzuge, wenn man sie auch alle 24 Stunden aufzieht.

Richtet man die Uhr so ein, daß das Kronrad *F* Fig. 6. in einer Minute einmal herumkommt, und muß das Minutenrad *D*, dessen verlängerte Welle über dem Zifferblatte den Minutenzeiger tragen soll, in der Stunde 60mal sich umdrehen, so kann man leicht dessen Zähne und die Zähne des Mittelrades *E*, sowie die Triebstöcke der Getriebe *d* und *e* bestimmen. Man zerfällt nämlich wieder den Exponenten des Verhältnisses 1 : 60 oder $\frac{60}{1}$ (des Verhältnisses der Anzahl Umläufe des Kronrades und des Minutenrades) in zwey Faktoren, z. B. in $10 \cdot 6 = \frac{10}{1} \cdot \frac{6}{1}$. Wählt man nun für jedes der Getriebe *d* und *e* sechs Triebstöcke, so bekommt das Minutenrad 60 Zähne, das Mittelrad 36 Zähne; und

$$\frac{60}{6} \cdot \frac{36}{6} = 60.$$

Giebt man dem Getriebe *c* des Minutenrades 10 Triebstöcke und dem Schneckenrade *C* 60 Zähne, so kommt jenes Getriebe $\frac{60}{10} = 6$mal herum, während das Schneckenrad einen Umgang macht. Da nun das Getriebe *c* in einer Stunde einmal herumkommt, so braucht das Schneckenrad, folglich auch die Schnecke, 6 Stunden zu einem Umgange. Windet sich die Kette 5mal um die Schnecke, so macht die Schnecke während eines

Aufzugs. 5 Umdrehungen und die Uhr geht 5mal 6 = 30 Stunden.

Auch hier ordnet man die Räder so, daß das Minutenrad in die Mitte der Uhrplatten kommt.

§. 301.

Taschenuhren, welche 8 Tage in einem Aufzuge gehen, sind selten. Indessen kann man sie leicht dazu einrichten, wenn man ihnen ein Zusatzrad giebt. Wenn z. B. das Schneckenrad von 60 Zähnen in das Getriebe des Zusatzrades greift, wenn dieses Getriebe 12 Triebstöcke, das Zusatzrad 60 Zähne hat, und wenn dieses Zusatzrad das zehnstockige Getriebe des Minutenrades herumtreibt, so macht das Minutenrad 30 Umdrehungen, während einem Umgange des Schneckenrades; denn

$$\frac{60}{12} \cdot \frac{60}{10} = 5 \cdot 6 = 30.$$

Das Schneckenrad vollendet also mit der Schnecke seinen Umgang erst in 30 Stunden. Hat nun die Schnecke $6\frac{1}{2}$ Gänge, auf die sich die Kette wickelt, so geht die Uhr $6\frac{1}{2} \cdot 30 = 195$ Stunden = 8 Tage 3 Stunden. — Wäre die Zahl der Ketten-Umwickelungen um die Schnecke $6\frac{2}{5}$ gewesen, so hätte man für die Zeit des Ganges gerade 8 Tage bekommen.

Das Weiserwerk der Taschenuhr ist ganz so eingerichtet, wie bey den grossen Uhren (§. 295.). Es besteht aus dem Minutenrohr mit seinem Getriebe, dem Wechselrad mit seinem Getriebe und dem Stundenrade. Auch die Berechnung dieses Räderwerks muß auf dieselbe Art vorgenommen werden.

§. 302.

Was das Pendel bey den grossen Uhren thut, nämlich die Gleichförmigkeit der Schwingungen erhalten, wenn auch einige Ungleichheiten im Räderwerk Veränderungen im Gange erzeugen wollen, das thut bey den Taschenuhren die mit der Unruhe verbundene Spiralfeder, eine haardünne spiralförmige Feder, welche mit ihrem innern Ende vermöge eines kleinen Röllchens an die Mitte der Unruhe, mit ihrem äußeren Ende vermöge eines kleinen Klöbchens und Stiftchens an die Uhrplatte befestigt ist. Wenn nun die Unruhe schwingt, so zieht sich die Spiralfeder abwechselnd aus einander und wieder zusammen, und durch ihre Elasticität erhält sie die Unruhe stets in gleichförmigen Schwingungen, so daß augenblickliche Ungleichheiten nicht auf sie wirken können.

Kann man die Spiralfeder der Taschenuhr verlängern, so geht die Uhr langsamer; kann man sie verkürzen, so geht sie geschwinder. Durch die sogenannte Stellung läßt sich dies auf folgende Art ins Werk richten.

Ein kleines Rädchen *d* Fig. 8. Taf. VI. das Stellrädchen, das sich in einem Loche der Uhrplatte um ein kleines Zäpfchen dreht, greift mit seinen Zähnen in einen gezahnten bogenförmigen Theil *a*, den Stellungsrücker. An dem Rücker sitzt eine kleine Klammer *e*, das Rückklöbchen, worin der äußerste Gang der Spiralfeder (oft nur zwischen zwey Stiftchen) zu liegen kommt. Ein silbernes fest geschraubtes Blättchen *f*, die Stellscheibe, bedeckt gewöhnlich das Stellrädchen *d* und läßt blos den viereckigten Zapfen des

Rädchens hindurch gehen. Ueber dem Rücker *a* liegt ein bogenförmiger mit Schrauben festgeschraubter Theil, der sogenannte Stellungsflügel. Dieser hat auf seiner Unterfläche hohle bogenförmige Rinnen, woran sich der Rücker hin- und herschieben läßt, wenn man das Stellrädchen dreht.

Die Länge der Spiralfeder, welche mittelst eines Vorsteckstifts unverrückt fest in dem Spiralfederklöbchen *c* steckt, ist nur von dem Rückklöbchen *e* an bis zu ihrem innern Ende wirksam. Das Stück von diesem Klöbchen bis zu dem Spiralfederklöbchen *c* schwingt nicht mit, wenn die Uhr in Bewegung ist. Gesetzt, die Uhr gehe zu langsam und man wolle die Spiralfeder verkürzen. Man steckt dann auf den Zapfen des Stellrädchens, welcher über der Stellscheibe hervorragt, und daselbst den Stellzeiger trägt, einen Uhrschlüssel und schiebt den Stellungsrücker *a* so herum, daß das Rückklöbchen *e* sich weiter von dem Spiralfederklöbchen *c* entfernt. Dadurch wird die Spiralfeder verkürzt und der Uhr ein geschwinderer Gang verschafft. Soll die Uhr langsamer gehen, so schiebt man den Rücker durch dasselbe Mittel nur nach der andern Richtung hin, wo dann eine Näherung des Rückklöbchens *e* an das Spiralfederklöbchen *c*, folglich eine Verlängerung der Spiralfeder entsteht. — Uebrigens erfolgt (bey bedeckten Stellrädchen und Rücker) das Herumschieben des Rückers mittelst des Uhrschlüssels, wenn man den Zeiger der Stellscheibe, folglich auch das Stellrädchen, nach derjenigen Seite hindreht, wo das Wort Avance oder ein bloßes *A* auf der Stellscheibe eingestochen ist, sobald die Uhr zu langsam geht; nach der andern Richtung

hingegen), wo das Wort Retardé oder ein bloßes R sich findet, sobald die Uhr zu geschwind geht.

Wie viel man beym Stellen zu drehen hat, läßt sich wegen der Verschiedenheiten der Uhren nicht bestimmen. Es ist aber immer gut, man dreht nicht gleich zu viel, sondern sucht die Spiralfeder allmählig auf den Punkt zu bringen, wo die Uhr akkurat geht.

§. 503.

Wenn die Uhr geht und die Unruhe hin und her schwingt, so würde es sich, beym Schütteln der Uhr, beym Laufen und Reiten mit derselben, oft ereignen, daß sich die Spindellappen aus den Zähnen herausdrehten (ausschwenkten). Alsdann würde die Hemmung in eine solche Unordnung versetzt werden, daß die Uhr nicht mehr gehen könnte. Dies zu verhindern dient folgende einfache Vorkehrung.

An dem Rande der Unruhe sitzt ein kleiner herunterwärts gekehrter Stift, der sogenannte Anschlagstift. Dieser schreibt der Unruhe die Größe ihres Hin- und Herschwingens dadurch vor, daß er gegen die beyden Enden des Stellungsflügels schlagen kann. Dies geschieht nun immer, wenn die Unruhe auf irgend eine Art stark geschüttelt wird; folglich ist nun das Ausschwenken nicht mehr möglich. Jetzt wurde aber beym ununterbrochenen Schütteln durch das Gegenprallen des Anschlagstifts die Unruhe schneller hin- und hergeworfen, als es beym ruhigen natürlichen Gange der Fall ist; und dies war auch der Grund, warum man für die Taschenuhr neue Hemmungsarten, namentlich die Cylinderhemmung erfand, welche jenen Fehler

nicht an sich trug, dafür aber wieder andere Fehler hatte, so daß die erfahrensten Künstler die Steigradshemmung doch immer noch für die beste halten. — Wann ereignet es sich auch wohl einmal, daß die wohleingerichtete Uhr in ein so ununterbrochenes gewaltsames Schütteln versetzt wird, daß dadurch eine merkliche Veränderung im Gange sich zeigt!

Die Stutzuhren (Reiseuhren, Kutschenuhren) unterscheiden sich von den Taschenuhren blos durch ihre Größe. Die Standuhren (Tafeluhren) haben mit den Wanduhren mehr Aehnlichkeit. Sie haben nur statt des Bleygewichts, eine Feder; auch wohl eine Schnecke und Kette. Ihr Pendel ist klein, d. h. der Größe der Uhr selbst und dem Stande derselben angemessen.

§. 304.

Die Räder der Uhren (in der neuesten Zeit sogar die Räder der Thurmuhren) werden von geschlagenem Messing, die Getriebe von Stahl gemacht. Denn Messing auf Stahl, oder auch Messing auf Eisen, reibt sich weniger und bewirkt daher eine leichtere Bewegung, als Messing auf Messing, oder als Stahl auf Stahl, Eisen auf Eisen rc. Aus demselben Grunde läßt man die stählernen Wellzapfen auf Messing laufen oder in Löchern, die in Messing gebohrt sind. Daher sind die Platten des Gestelles der Uhr von Messing; oder wenn sie von Eisen sind, so müssen sie doch an allen denjenigen Stellen ein messingenes Futter haben, wo die Löcher in ihnen laufen sollen. Auch der englische Haken, welcher von dem Steigrade in Bewegung gesetzt wird, ist von gutem gehärtetem Stahl und blank polirt; eben so in Taschenuhren die Spindel. Bey ganz vorzüglichen

Uhren läßt man die stählernen Spindelzapfen in Löchern laufen, die in harte Steine, z. B. in Diamant, gebohrt sind. Ueberhaupt ist die Reibung immer geringer, wenn die auf einander und an einander sich bewegenden Theile recht hart und von verschiedenartigem Material verfertigt sind. Mit gereinigtem Baumöhl oder Mandelöhl schmiert man die Well-Zapfen ein, wenn sie in Messing oder überhaupt in Metall laufen. Gehen sie in Diamant, so ist das Schmieren unnöthig, ja sogar schädlich.

Man durchbricht die Räder der Uhren, etwa das erste Rad, woran die bewegende Kraft zunächst wirkt (das Walzenrad der großen Uhren und das Schneckenrad der Taschenuhren) ausgenommen. Man läßt sie nämlich blos aus einem mittlern Ringe, worin die Welle befestigt ist, aus dem Kranze, woran die Zähne sitzen und aus Armen bestehen, die Ring und Kranz mit einander zusammenhalten. Dadurch verringert man den Druck auf die Wellzapfen und erleichtert also den Gang der ganzen Maschine. Dasjenige Rad kann am dünnsten und leichtesten seyn, das von der bewegenden Kraft am entferntesten ist. — Auch je nach der größern Entfernung von der bewegenden Kraft macht man die Wellen und Wellzapfen dünner und dünner, versteht sich, ihrer erforderlichen Stärke unbeschadet.

Kein Rad darf an dem andern oder an Wellen oder an sonstigen Theilen herausstreifen. Damit dies, namentlich bey flachen Taschenuhren nicht geschehe, so legt man manche Räder in Versenkungen und bringt für die Wellzapfen eigne Stege oder Kloben an. Es ist immer gut, wenn das Rad in der Mitte seiner Welle, oder doch dieser Mitte so nahe wie möglich sitzt, damit der Druck auf die Wellzapfen so gleichförmig wie möglich vertheilt werde.

III.

Die Datumsuhren.

§. 305.

Sowohl die großen Uhren, als auch die kleinen Uhren richtet man oft so ein, daß sie den Monatstag oder das Datum zeigen. In dieser Absicht bekommen sie noch folgendes mit dem Weiserwerke verbundenes Räderwerk.

Auf dem Stundenrade (welches alle 12 Stunden einmal herumkommt und den Stundenzeiger trägt) sitzt concentrisch noch ein anderes kleineres Rad fest, welches wieder in ein eignes größeres Stirnrad eingreift. Letzteres Datumsrad muß genau in 24 Stunden einmal herumkommen; daher muß es doppelt so viele Zähne haben, als ersteres Rad, welches mit dem Stundenrade zugleich (in 12 Stunden) einen Umgang vollendet. Nun liegt noch ein drittes Datumsrad über dem Stundenrade, und also auch über dem Datumsrade, concentrisch. Dies dritte Datumsrad enthält in seiner Mitte eine Röhre, die mit hinlänglichem Spielraume die Stundenröhre umfaßt, aber nicht völlig so weit, als die Stundenröhre, über dem Zifferblatte hervorragt, damit sie, unter dem Stundenzeiger, den Datumszeiger zu tragen im Stande sey, ohne daß sich ein Zeiger auf dem andern festsetzen kann. Dasselbe dritte Datumsrad hat 31 schräge Zähne, wie ein Sperrrad. Nicht weit von ihm ist ein besonderer Haken oder Einfall so um einen Zapfen beweglich, daß sein vorderer Theil in die Zähne jenes Rades einfallen und von hinten mittelst einer Druckfeder darin festgehalten werden kann. Wenn

man dann das Rad herumdreht, so fällt der Haken immer wieder von selbst in die Zähne des Rades und bestrebt sich das Rad fest zu halten.

§. 306.

Oben auf der Fläche des zweyten Datumsrades (oder desjenigen, welches genau in 24 Stunden einmal herumkommt) ist senkrecht ein kleiner Stift eingenietet. Dieser schiebt beym jedesmaligen Umgange des Rades, mithin alle 24 Stunden, einen schrägen Zahn vom dritten Rade weiter; und nach jedesmaligem Fortschieben um einen Zahn, wird das dritte Datumsrad so lange wieder in unverrücktem Stande erhalten, biß der erwähnte kleine Stift des zweyten Datumsrades nach 24 Stunden einen neuen Zahn des dritten Rades wieder herumführt. — Und so geht das Spiel beständig fort.

Auf dem Zifferblatte ist ein Kreis, über welchem der Datumszeiger sich herumdreht, für die Monatstage in 31 gleiche Theile getheilt. Ist nun der auf dem Rohre des dritten Datumsrades sitzende Datumszeiger genau auf eine Datumszahl gestellt, so wird er alle 24 Stunden von einer Zahl zur andern fortspringen, bis er nach 31 Tagen einen ganzen Umgang vollendet hat. Hernach fängt er wieder von 1 an, denselben Weg zurückzulegen.

Nun enthalten aber nicht alle Monate 31 Tage. Daher muß man bey Monaten, die weniger Tage haben, den Zeiger mittelst der Fingerspitze oder eines kleinen Hölzchens wieder auf den ersten Tag des Monats springen lassen, sobald er auf dem letzten Tage (z. B. im Februar auf den 28sten) gestanden hat.

Soll der Zeiger immer des Nachts von 12 bis 1 Uhr weiter springen, so muß man dies auf folgende Art bewirken. Man setzt den Datumszeiger erst ganz allein (nach Entfernung des Stunden- und Minutenzeigers) auf die Datumszahl. Alsdann dreht man das Minutenrohr (worauf der Minutenzeiger kommt) mit einem Schlüssel so lange herum, bis der Datumszeiger um eine Zahl weiter fortspringt. Ist dies geschehen, so setzt man den Stundenzeiger sogleich auf die Zahl 1 der Stundenabtheilungen und den Minutenzeiger auf die Zahl 60 der Minutenabtheilungen. Nun dreht man die Zeiger mittelst des Schlüssels so weit herum, als Stunden und Minuten seit 1 Uhr des Nachts verflossen sind. Alsdann wird das Datumswerk alle Nacht von 12 bis 1 Uhr ausschieben.

Bey ältern Uhren, auch wohl bey manchen neuern, ist das Datumswerk so eingerichtet. Die untere Kante eines unter dem Zifferblatte liegenden Ringes enthält 31 sägenförmige Zähne. Er ist auf seiner Oberfläche für die Tage des Monats in 31 gleiche Theile eingetheilt, und auf diesen Theilen mit 1, 2, 3, bis 31 bezeichnet. Die so eingetheilte Fläche des Ringes streicht unter dem Zifferblatte vor einer Oeffnung desselben hin, welche so groß ist, daß man durch sie eine Zahl des Ringes genau sehen kann. Vor diese Oeffnung tritt nun alle 24 Stunden eine andere Zahl, wenn der Stift des zweyten Datumsrades einen Zahn weiter schiebt. — Der gezahnte Ring wird ebenfalls durch einen Einfall unverrückt erhalten.

Aehnlich mit der Vorrichtung zum Datumszeigen ist dasjenige Werk, welches die Tage der Woche anzeigt. Für den Wochentagzeiger braucht man nur ein Rad mit 7 schrägen Zähnen, das alle 7 Tage einmal herumkommt und auf ähnliche Art, wie das Datumsrad, alle 24 Stunden um einen Zahn herumgeschoben wird.

IV.

Verschiedene neue Hemmungsarten.

§. 307.

Die Ankerhemmung (§. 289.) und die Steigradshemmung (§. 299.) bilden die sogenannte zurückfallende Hemmung, oder diejenige, bey welcher der Zahn des Hemmungsrades genöthigt ist, stets der Richtung der bewegenden Kraft zu folgen. Der Zahn muß hier aber allemal wieder zurückgehen, ehe er dem Pendel oder der Unruhe von neuem eine Bewegung mittheilen kann. Wegen des dadurch hervorgebrachten Verlustes an Kraft und der durch die vielen Anreibungen erzeugten Abnutzungen ist diese Hemmung bey denjenigen Uhren mangelhaft, welche eine besonders große Genauigkeit des Ganges voraussetzen, wie bey den astronomischen Uhren und geographischen Uhren. Der Engländer Graham erfand deswegen die ruhende Hemmung oder diejenige, bey welcher der Zahn des Hemmungsrades, während der Regulator (z. B. das Pendel) seinen Bogen beschreibt, unverrückt stehen bleibt, ohne daß vor Vollendung der Schwingung (Vibration oder Oscillation) das Räderwerk weiter auf ihn wirken kann. — In der Folge ist diese Hemmung von andern Künstlern noch bedeutend verbessert worden.

Man erfand aber auch eine solche Hemmung, bey welcher das Bestreben des Rades sich herumzubewegen von einem besondern Ausfalle aufgehalten wurde, den der Regulator auslößt. Dadurch mußte nothwendig die Friktion des Regulators so sehr vermindert werden, daß

man gar kein Oehl oder doch nur sehr wenig nöthig hatte. Die übrig bleibende Reibung wirkte zugleich sehr gleichförmig, und der möglich genaueste und gleichförmigste Gang war die Folge von allem diesem. — Weil der Regulator seine Schwingungen fortsetzt, während der Einfall das Rad aufhält, so nannte man diese von dem Engländer Mudge höchst scharfsinnig ausgedachte Hemmungsart die freye Hemmung.

Die Cycloide, als beste Krümmung für die Zähne der Kronräder, und die Epicycloide als diejenige für die Stirnräder, ist auch beym Bau der Uhren wohl zu beachten. Der Uhrmacher hat gewöhnlich sehr sinnreiche Maschinen, womit er die Zähne der Räder nicht blos einschneidet, sondern auch abründet. Ueberhaupt giebt es zur schnellen Bildung der verschiedenen Uhrentheile mancherley künstliche Werkzeuge und Maschinen.

§. 308.

Unter den verschiedenen neuen Hemmungsarten für Taschenuhren ist die Cylinderhemmung (welche gegen das Ende des siebzehnten Jahrhunderts der Engländer Tompion erfand) am bekanntesten geworden. In den Cylinderuhren, wie man die Uhren mit einer solchen Hemmung nennt, befindet sich, statt der Spindel, ein kleiner hohler stählerner Cylinder mit der Unruhe verbunden. Dieser Cylinder hat Einschnitte, welche Ränder oder Lippen bilden, und in diese Lippen greifen die Spitzen der dreykantigen Zähne eines eigen gestalteten Rades, des Cylinderrades oder Hakenrades, welches die Stelle des Steigrades vertritt. Das Hakenrad dreht sich, wie alle übrigen Räder, in einer Horizontalfläche um; sein Getriebe wird

von dem Mittelrade in Bewegung gesetzt. Es ist also auch kein Kronrad da. Die Zähne, von oben angesehen, präsentiren lauter spitzwinklichte Dreyecke, die mit ihrem spitzigsten Winkel in die Höhlung des Cylinders eingreifen, und diesen zum Hin- und Hergange bringen. Ein Ausschwenken und ein Gegenprallen des Anschlagstifts kann bey diesen Cylinderuhren nicht statt finden. Daher verändert sich auch ihr Gang beym Schütteln, Laufen, Reiten ꝛc. nicht. Aber die Reibung ist bey den Cylinderuhren größer und sie müssen immer in frischer Schmiere erhalten werden, wenn sie auf die Dauer gleichförmig fortgehen sollen.

V.

Die Compensationspendel und die Längenuhren.

§. 309.

Höchst merkwürdig und sinnreich war die Erfindung der Compensationspendel für große Uhren, d. h. solcher Pendel, deren Veränderung durch Wärme und Kälte nicht auf den Gang der Uhr wirken kann. Bekanntlich wird das Pendel, wie alle Körper, in einer höhern Temperatur länger, in einer niedrigern Temperatur kürzer. In jenem Falle muß die Uhr langsamer, in diesem geschwinder gehen. Bey Uhren zum gewöhnlichen Gebrauch nimmt man auf Veränderungen von einigen Sekunden im Tage keine Rücksicht; aber bey astronomischen und geographischen Uhren waren sie von großer Bedeutung.

Der Engländer Graham versuchte es zuerst, das Pendel so zusammenzusetzen, daß die veränderliche Wir-

kung der Wärme und Kälte, z. B. in den verschiedenen Jahrszeiten, keinen veränderlichen Effekt auf das Pendel äußern konnte. Er machte zuerst hölzerne Pendelstangen (aus Ebenholz, oder Fichtenholz, oder Tannenholz, oder Nußbaumholz), weil das Holz nach der Länge der Fibern durch die Wärme nicht merklich ausgedehnt und durch die Kälte nicht merklich zusammengezogen wird. Da er aber fand, daß die Feuchtigkeit, welche sich in die Poren des Holzes zieht, neue Unrichtigkeiten zuwege brachte, so legte er solche hölzerne Pendel wieder bey Seite. Später hat man die hölzernen Pendel aber doch wieder in Anwendung gebracht. Das Eindringen von Feuchtigkeiten verhütete man dadurch, daß man die hölzernen Stangen mit einem Firniß überstrich.

§. 310.

Nachdem Graham seine hölzernen Pendel bey Seite gelegt hatte, so erfand er die Rostpendel. Er setzte nämlich mehrere Stangen, z. B. messingene und eiserne, mittelst eigner Querstäbe so zusammen, daß sie eine Compensation bewirken oder die durch die Veränderung der Temperatur hervorgebrachten Unvollkommenheiten gegenseitig corrigiren mußten. Dies geschah auf folgende Art.

Die eisernen Stangen sitzen blos oben, die messingenen blos unten unverrückt fest. Während nun die eisernen Stangen, durch Wärme hinunterwärts verlängert, den Mittelpunkt des Schwunges, der doch die Länge des Pendels bestimmt, tiefer hinabsenkten, so mußten die messingenen (nach ihrer Ausdehnungsfähigkeit gegen die eisernen von verhältnißmäßiger Länge) diesen Punkt

wieder um eben so viel hinaufbringen, weil sie sich um eben so viel hinaufwärts verlängerten, als dies die eisernen Stangen herunterwärts thaten. Dadurch mußte der Mittelpunkt des Schwunges immer an einer und derselben Stelle erhalten und die Compensation so hervorgebracht werden, daß der Gang der Uhr unveränderlich blieb. — Nach und nach vervollkommete man diese Rostpendel, und erfand auch noch manche andere neue Compensationsvorrichtungen, selbst für Taschenuhren zur Compensation der Wärme und Kälte, welche die Länge der Spiralfeder und dadurch auch den Gang dieser Uhren verändern.

Unter den verschiedenen Compensationspendeln, die keine Rostpendeln sind, empfiehlt sich besonders dasjenige des Schweden Faggot durch seine Einfachheit.

§. 311.

Die astronomischen Uhren sind Pendeluhren; die geographischen Uhren, welche tragbar seyn müssen, sind Unruhuhren mit der Spiralfeder. Die geographischen Uhren, welche zur Bestimmung der geographischen Länge auf der See und auf dem Lande dienen und welche man gewöhnlich Chronometer, Zeithalter oder Längenuhren nennt, sind die vollkommensten Uhren, welche es giebt. Sie müssen äußerst genau verfertigt seyn und die Zeit so unveränderlich wie möglich angeben. Diejenigen, welche man zur See gebraucht und welche den Namen Seeuhren führen, sind die vollkommensten und kostbarsten von allen. Der englische Zimmermann Harrison erfand sie zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts. Diejenigen, wel-

che man zur Längenbestimmung auf dem Lande anwendet, nennt man Taschenchronometer.

Die Erfindung der Seeuhren, wofür Harrison eine Prämie von 20,000 Pfund Sterlingen erhielt, war von sehr großer Wichtigkeit. Wenn man nämlich Länge und Breite eines Orts kennt, so kann man auf akkuraten Charten auch leicht den Ort selbst aufsuchen, wo man sich befindet; und dann kann man sich leicht vor unbekannten Stellen, z. B. vor Klippen, Sandbänken ꝛc. in Acht nehmen. Die Seeuhr muß aber, wenn sie vom richtigen Gange nicht abweichen soll, das Rütteln und Schwanken des Schiffes ertragen können; die veränderliche Schwere in den verschiedenen Breiten auf der Erdkugel darf nicht auf ihren Gang wirken; Reibung und Widerstand der Luft an ihren sich auf einander bewegenden Theilen muß äußerst geringe seyn; die schädliche durch allmäliges Vertrocknen des Oehls entstehende Wirkung darf nicht bey ihnen statt finden; veränderliche Wärme und Kälte in den verschiedenen Zonen, durch verschiedene Jahrszeiten und verschiedene Witterung darf an dem Regulator (Pendel oder Unruhe mit der Spiralfeder) gar nicht verspürt werden, der Eingriff der Räder und Getriebe in einander muß recht vollkommen, der Zug der bewegenden Kraft (der Feder) recht gleichförmig seyn; u. s. w.

§. 312.

Die Theile des Regulators einer Seeuhr sind: Unruhe, Aufhängungsfeder zur Verminderung des Reibens, Spiralfeder, Friktionsröllchen zur Verringerung des Reibens an den Unruhzapfen, und Compensations-

vorrichtung an der Spiralfeder bey veränderlicher Wärme und Kälte. Die Unruhe muß so eingerichtet seyn, daß sie ihre Schwingungen, auch abgesondert vom Räderwerke, lange beybehält. Sie muß immer Bögen von gleicher Dauer hin und her schwingen, das Oehl mag frisch oder vertrocknet seyn. Gewöhnlich läßt man die Unruhzapfen in Löchern von Edelsteinen laufen, und dann haben diese Zapfen kein Oehl nöthig. Große Unruhen haben Vorzüge vor kleinen; man läßt sie über keine zu schnelle Vibrationen machen und wegen Verminderung des Widerstandes der Luft, um sie möglichst schmal machen zu können, von Gold oder Platin seyn. Die Spiralfeder, von gutem Stahl und gut gehärtet, muß gegen den Mittelpunkt zu eine größere Stärke als außerhalb besitzen; sie muß enge Windungen, aber die gehörige Länge haben, damit sie auch viele Windungen erhalte, welches für die Größe der Schwingungsbögen und für die freyen Vibrationen vortheilhaft ist. Man verbindet sie mit der Unruhe gleich so, daß man sie nie wieder abzunehmen braucht. Die Spindel darf zwischen den Friktionsrollen nie schwanken; u. s. w.

Das Aufhängen der Seeuhr muß mit größter Sorgfalt, nach Art des Seekompasses, geschehen, und zwar so, daß das Zifferblatt in eine horizontale Fläche kommt. Man wählt dazu auch die beste und bequemste Stelle des Schiffs, wo die wenigste Feuchtigkeit ist und die geringste Schwankung statt findet.

Die Taschenchronometer sind kleiner als die Seeuhren. Die englischen Künstler Arnold, Kendal, Mudge und Emmery, sowie die französischen Le Roy, Ferdinand und Louis Berthoud haben die Chronometer

überhaupt sehr vervollkommnet. — Die Compensationsvorrichtung für die Spiralfeder besteht aus gebogenen Metallstäbchen, welche so mit der Spiralfeder verbunden sind, daß sie, welche die Spiralfeder in einem Klämmerchen (wie die Rückklöbchen) aufgenommen haben, sich durch Wärme und Kälte nach einer Richtung verlängern und verkürzen, welche der Verlängerungs- und Verkürzungsrichtung der Spiralfeder entgegengesetzt ist.

VI.

Die Schlaguhren.

§. 313.

Schlaguhren geben die Stunde (auch die Halbestunde und Viertelsstunde) durch Schläge an, die ein Hammer auf die Glocke thut. Gewöhnlich enthält das Schlagwerk mehrere gezahnte Räder, die neben den Rädern des Gehwerks zwischen den Uhrplatten einen eignen Platz haben und gleichfalls von einem Gewicht oder von einer Feder in Bewegung gesetzt werden. Bey großen Uhren wird das Gewicht ebenfalls auf eine Walze gewunden (wie §. 288.), die durch ein Gesperre mit einem Walzenrade in Verbindung steht. Bey Tischuhren und andern kleinen Uhren, liegt die Feder, wie bey dem Gehwerke der Taschenuhr, in einem Gehäuse. Oft wirkt die Feder sogleich auf ein unmittelbar mit dem Federhause verbundenes Rad; oft ist aber auch eine Schnecke, vermöge der Kette mit ihr verbunden.

Das eine von den Rädern des Schlagwerks, z. B. das zweyte, enthält auf der einen Seite seines Kranzes eine Anzahl perpendikulär auf der Fläche stehender festgenieteter Stiftchen, z. B. wie *a* Fig. 9. Taf. VI.

Auf diese Stifte lehnt sich ein Arm *b*, der an einer kleinen Welle *c* festsitzt. Dieselbe Welle hat noch zwey andere Arme *ce* und *cd*. An letzterem, welcher der längste ist, befindet sich der Hammer, welcher die Schläge an die Glocke verrichten soll. Läuft nun das Räderwerk, durch Gewicht oder Feder getrieben, in der Richtung von *b* nach *a* zu um, so fällt der Arm *b* von einem Stifte auf den andern, folglich bewegt sich der Arm *bd* (der Schlagarm) mit dem Hammer *d* beständig zurück; er wird aber immer eben so bald durch die Feder *f* wieder vorwärts auf die Glocke getrieben.

Aber so würden die Schläge gar zu schnell hinter einander erfolgen, so schnell, daß man sie nicht zu zählen vermöchte. Damit nun zwischen je zwey und zwey Schlägen eine kleine Pause entsteht, so greift das letzte Rad in ein Getriebe und an der Welle dieses Getriebes sind ein Paar Flügel von dünnem Blech (Messingblech) angebracht, welche in der Luft einen Cylinder beschreiben. Dreht sich nun das Räderwerk um, so finden jene Flügel des Windfangs einen bedeutenden Widerstand an der Luft und dieser Widerstand mäßigt ihre Geschwindigkeit und die Geschwindigkeit des umlaufenden Räderwerks so sehr, daß man nun die Schläge recht gut von einander unterscheiden kann.

§. 314.

Zu jeder Stunde müssen begreiflich so viele Schläge geschehen, als die Anzahl der Stunden beträgt, die der Zeiger auf dem Zifferblatte angiebt; und in demselben Augenblicke, wo diese Schläge geschehen sind, muß das ganze Schlagwerk in Ruhe kommen und so

lange in Ruhe bleiben, bis wieder zum Schlagen einer Stunde die Zeit da ist. Man bewirkt dies durch folgenden sinnreichen Mechanismus.

An der verlängerten Welle des einen zum Schlagwerk gehörigen Rades, z. B. des dritten oder vierten, ist auf der äußern Seite der nicht von dem Zifferblatte bedeckten Platte ein Getriebe angebracht. Dieses Getriebe greift in ein Rad, welches innerhalb 12 Stunden einmal herumkommen muß, wenn das zum Schlagen bestimmte Laufwerk von Stunde zu Stunde in Thätigkeit kommt. Fest auf dem Rade und concentrisch sitzt die Schloßscheibe oder das Schloßrad. Hierunter versteht man eine Scheibe mit zwölf gleich tiefen, aber ungleich weit von einander abstehenden Einschnitten, welche zur Regulirung der Schläge dienen. Die Zwischenräume zwischen den ungleich weit von einander abstehenden Einschnitten bilden nämlich zwölf Erhöhungen von ungleicher Breite. Auf der Peripherie dieser Erhöhungen liegt das eine Ende eines um einen gewissen Punkt beweglichen Armes; das andere Ende aber geht durch eine in der Uhrplatte befindliche Oeffnung und enthält über der innern Fläche der Platte einen perpendikulären um sein unteres Ende beweglichen Hebel, dessen oberes Ende zu einem Haken rechtwinklicht gebogen ist. Dieses Ende lehnt sich gegen einen auf der Fläche des dritten Rades, des sogenannten Anlaufrades fest genieteten Stift, sobald das Ende des innern Armes in einen Einschnitt der Schloßscheibe fällt. Wenn aber das in einem Einschnitte der Schloßscheibe liegende Ende des Armes in die Höhe gehoben wird, und sich auf den Rand oder Umfang dieser Scheibe stützt,

so geht auch das andere Ende in die Höhe; es weicht folglich von dem Anschlagsstifte des Anlaufrades hinweg und das Räderwerk bekommt so lange Freyheit, sich zu bewegen, bis das äußere Ende des Armes wieder in einen Einschnitt der Schloßscheibe fällt. Alsdann fängt das innere Ende des Armes plötzlich den Anschlagstift auf und bringt wieder das Anlaufrad und die übrigen dazu gehörigen Räder so lange in Ruhe, bis abermals das Emporheben des Armes geschieht. Es bewegen sich also die Räder des Schlagwerks nur so lange, als der Arm emporgehoben ist und auf der Peripherie der Schloßscheibe liegt. Alsdann schlägt auch der Hammer an die Glocke. So lange der Arm in einem Einschnitte der Schloßscheibe liegt, so lange ruht das ganze zum Schlagen bestimmte Räderwerk. Dauert die Bewegung des Räderwerks länger, so thut der Hammer auch mehr Schläge an die Glocke. Durch die Bewegung des erwähnten Räderwerks wird nun auch vermöge des oben erwähnten Getriebes dasjenige Rad ganz langsam um seine Achse gedreht, welches mit der Schloßscheibe in 12 Stunden einmal herumkommen soll.

§. 315.

Die eine Erhöhung der Schloßscheibe ist so breit, daß der Hammer nur einen Schlag thun kann, weil der bewußte Arm nur während der Dauer des einen Schlages auf der Erhöhung liegen bleibt und hernach gleich in den Einschnitt fällt. Die darauf folgende Erhöhung ist ohngefähr noch einmal so breit; daher geschehen zwey Schläge, ehe der Arm wieder in einen Einschnitt sich legt. Jede der folgenden Erhöhungen

ist immer um eins breiter, als die kurz vorhergehende; deswegen geschieht auch immer ein Schlag mehr. Da nun zwölf Erhöhungen die Schloßscheibe bilden und die erste für den Schlag 1, die zweyte für den Schlag 2, die dritte für 3 rc. bestimmt ist, so muß die letzte oder zwölfte dem Schlage 12 zugehören. Stellte man den Zeiger eben auf 1, als die Uhr eins schlug, so wird sie bey 2 zwey, bey 3 drey rc. bey 12 zwölf schlagen. Es mußte nur dafür gesorgt seyn, daß der in einem Einschnitte der Schloßscheibe liegende Arm jedesmal nach verflossener Stunde aus dem Einschnitte herausgehoben und auf die folgende Erhöhung gelegt wurde.

Wirklich erfolgt das Ausheben des Arms aus dem Einschnitte der Schloßscheibe jedesmal nach verflossener Stunde. Auf dem Getriebe des Minutenrohrs (*a* Fig. 5.) welches innerhalb einer Stunde herumkommt, sitzt ein Stift fest, der folglich ebenfalls in einer Stunde einen Umgang macht. Dieser Stift hebt nach jeder zurückgelegten Stunde und zwar gerade dann, wenn der Stundenzeiger genau auf seiner Stundenziffer, der Minutenzeiger auf 60 seiner Abtheilungen steht, einen Hebel in die Höhe, welcher mit dem auf der Schloßscheibe liegenden Arme in Verbindung steht. Der Hebel hebt diesen Arm in die Höhe, so wie er selbst emporgehoben wird. Das Räderwerk, welches durch den Anschlagstift des Anlaufrades und jenen Arm aufgehalten wurde, bekommt dadurch Freyheit sich zu bewegen; und beym Emporheben des Arms hat die Schloßscheibe vermöge des an ihr befestigten gezahnten Rades sich schon so weit herumbewegt, daß der Arm nicht in den

Einschnitt zurückfallen kann; er legt sich daher auf den Rand einer Erhöhung, und bleibt darauf bey fortwährender Umdrehung des Laufwerks, wobey der Hammer schlägt, so lange, bis unter ihm ein Einschnitt hingeschoben ist. Alsdann fällt er in denselben; und sogleich ruht das Schlagwerk.

Das Schlagwerk läßt sich aber auch nach Art des folgenden Repitirwerks mit der Schnecke, der Staffel, statt des Schloßrades einrichten, wie es bey den meisten neuern Schlagwerken auch wirklich der Fall ist. — Uebrigens sind die Schlagwerke bey den Thurmuhren besonders wichtig. Zu Wand- und Tischuhren möchten wohl die Repetirwerke nützlicher seyn, als die Schlagwerke.

VII.

Die Repetiruhren oder Wiederholungsuhren.

§. 316.

Die Repetiruhren oder Wiederholungsuhren, welche zu jeder beliebigen Zeit die verflossene Stunde (auch Viertelstunden und halbe Viertelstunden) wiederholen, wenn man bey großen Uhren (Wand- und Tischuhren) eine Schnur zieht und bey Taschenuhren ein Knöpfchen des Gehäuses drückt, erfand der Engländer Barlow im Jahr 1676. Ein anderer Engländer Quare verbesserte sie nachher bedeutend. Denn man sah bald ein, wie nützlich solche Uhren besonders zur Nachtzeit waren.

Bey den Repetiruhren findet sich ein eben solches Räderwerk oder Laufwerk, wie bey den Schlaguhren. Ein schneckenförmiger stählerner Theil *d* Fig. 10. Taf. VI.

die Staffel, vertritt bey den Repetiruhren die Stelle des Schloßrades. Diese Staffel hat zwölf Stufen, wovon eine immer niedriger ist, als die andere. Sie bewegt sich auf der Uhrplatte unter dem Zifferblatte um ihren Mittelpunkt. Sie hat ein rundes Loch in ihrer Mitte, womit sie sich auf einem kleinen runden Stifte dreht. Alle zwölf Stufen der Staffel, wovon eine immer niedriger ist, als die andere kommen in 12 Stunden einmal herum.

§. 317.

Auf die Stufen der Staffel wird ein herunterwärts gehender Arm gedrückt, welcher nach jeder Stunde von einer Stufe zur andern fällt, bis er auf die niedrigste kommt. Das Herumdrehen der Staffel verrichtet ein am Minutenrohr-Getriebe befindlicher Stift, welcher jede Stunde den Zahn eines unter der Staffel concentrisch befestigten Sterns von zwölf Zähnen weiter schiebt. Dadurch geräth nun auch jener Arm in eine andere Stufe.

Mit demselben Arme, der sich um einen Stift drehen läßt, ist bey großen Uhren gewöhnlich noch ein anderer etwas schräg heraufwärts gehender Arm verbunden, an dessen Ende ein bogenförmiger Theil sitzt. Dieser, Rechen genannt, hat 13 oder 14 schräge sägenförmige Zähne. Ein kleiner Haken, der Schöpper oder Schöpfer, der an der verlängerten Welle eines Rades, des Schöpfrades fest gemacht ist, setzt jene Zähne des Rechens in Bewegung. Denn während sich das Schöpfrad einmal herumdreht, macht auch der Schöpfer eine Umdrehung. Bey jeder Um-

drehung aber schiebt der Schöpfer einen Zahn des Rechens weiter. Der Hammer, welcher mit dem Schöpfer in Verbindung steht, thut nun bey jedem Umlaufe des Schöpfers einen Schlag auf die Glocke.

Wenn demnach der Arm des Rechens auf der höchsten Stufe der Staffel steht, so fällt er nach geschehener Auslösung nicht weit zurück. Er muß nur so weit zurückfallen, daß der Schöpfer ihn um einen Zahn zu sich hin schöpfen kann. Es geschieht dann ein Schlag. Kommt jener Arm des Rechens auf die zweyte Stufe der Staffel, so fällt der Rechen (beym Ziehen oder Drücken) um zwey Zähne zurück, die von dem Schöpfer wieder geholt werden, und zwey Schläge geschehen; u. s. w. Fällt der Arm des Rechens auf die niedrigste Stufe der Staffel, so fällt der Rechen so weit zurück, daß zwölf Zähne des Rechens geschöpft werden können. Alsdann geschehen zwölf Schläge. — So dienen also die Stufen der Staffel zur Regulirung der Schläge für die zwölf Stunden.

Ein schwanzartiger an dem Schöpfer befindlicher Theil setzt dem Zurückweichen des Rechens die gehörigen Gränzen, indem er sich, wenn der Rechen nach dem Zurückfallen auf die bestimmte Weite vorwärts geschöpft ist, an einen besondern Stift anlehnt. Alsdann hört natürlich auch das Schlagen bis zum nächsten Ausheben und Zurückwerfen des Rechens auf.

§. 318.

Die Taschen-Repetiruhren sind wohl die nützlichsten unter allen; und ihr Mechanismus ist ohnstreitig einer der allerschönsten, den es nur giebt. Zu

den Repetiruhren gehören erst wieder eine Anzahl neben dem Gehwerke zwischen den Platten liegende Räder und Getriebe, die von einer eignen Feder in Bewegung gesetzt werden, und das sogenannte Laufwerk bilden. Die dazu gehörigen Räder, wie sie auf einander folgen, heißen: Federhausrad, großes Bodenrad, kleines Bodenrad, Mittelrad, und Anlaufrad. Das letztere greift noch in ein bloßes Getriebe, das Windfangsgetriebe (aber ohne Flügel).

Das Federhaus steht unbeweglich, indem es inwendig an die eine Uhrplatte festgeschraubt ist. Aber der Federstift (die Federwelle) läßt sich umdrehen. An diesen Federstift ist das Federrad befestigt. An derselben Welle befindet sich aber auch das Heberad Fig. 10. Taf. VI., ein Rad, wovon nur die Hälfte gezahnt ist und zwar zwölf Zähne enthält. Diese Zähne setzen den Schöpfer oder Hammerzug *k*, folglich auch den mit *l* verbundenen Hammer in Bewegung. Der Hammer schlägt dann an eine in dem Uhrgehäuse liegende Glocke, oder an eine klingende elastische Stahlfeder. — Es kommt also nun noch auf das Reguliren der Schläge an.

§. 319.

Durch Drücken an der Stange *a* des Uhrgehäuses (woran bey Taschenuhren die Uhrkette oder das Uhrband festgemacht ist) wird der Rechen *bc* mit seinem einen Arme *c* an die Staffel *d* gepreßt. Der andere Arm *e* des Rechens enthält ein Stück Uhrkette, welches über die kleine um einen Stift bewegliche Rolle *f* hinweg bis zu einer andern Rolle *g* hingeht, die auf dem ver-

längerten vierkantigen Zapfen des Federstifts *i* steckt. Drückt man nun den Rechen *bc* hinunter, so werden vermöge der Kette die Rollen *f* und *g* herumgezogen; also bewegt sich auch der Federstift *i* herum, wodurch die Feder sich spannt oder enger zusammenwickelt. Beym Wiederausdehnen derselben wird das Federrad mit den übrigen Rädern des Laufwerks nach der entgegengesetzten Richtung herumgetrieben. Dadurch kommen auch die Zähne des Heberades *h* in Bewegung. Fiel der Arm *c* des Rechens auf die höchste Stufe der Staffel, so wurde das Heberad nur so weit herumgezogen, daß beym Zurücklaufen ein Zahn auf den Schöpfer wirkte, daß folglich nur ein Schlag geschah. Fiel der Arm *c* auf die nächst niedrigere Stufe, so wurde das Heberad um zwey Zähne herumgezogen; zwey Zähne wurden also zurückgeschöpft und zwey Schläge geschahen; u. s. w. Fiel der Arm *c* auf die niedrigste Stufe, so wurden alle 12 Zähne des Heberades herumgezogen, folglich 12 Zähne zurückgeschöpft und es schlug zwölf.

Es ist also leicht einzusehen, daß durch das mehr oder weniger tiefe Hineindrücken des Rechens bis an die zugehörige Stufe die Stundenschläge regulirt werden. Um Alles auf das vollkommenste zu begreifen, muß man nur noch den Mechanismus kennen, wodurch von Stunde zu Stunde eine andere und zwar eine tiefere Stufe der Staffel unter den bewußten Arm *c* des Rechens gebracht wird.

§. 320.

Concentrisch mit der Staffel *d* und fest auf ihr sitzt ein Stern, wie *a* Fig. 11., mit zwölf Zähnen oder

Zacken. Stern und Staffel drehen sich um einen gemeinschaftlichen auf der Uhrplatte fest genieteten Stift. In den Stern fällt ein Haken *b*, der an dem Ende einer elastischen Stahlfeder sich befindet. Diese Feder ist mit ihrem andern Ende *c* fest an die Uhrplatte geschraubt. Stern und Staffel sind so eingerichtet, daß letztere um eine Staffel herumgedreht wird, wenn der Stern um einen Zahn herumspringt. Dies geschieht von Stunde zu Stunde. Es kommen also Stern und Staffel zusammen in 12 Stunden einmal herum.

Das Herumschieben des Sterns um einen Zahn verrichtet alle Stunden das Minutenrohrgetriebe und zwar mittelst eines auf seiner Fläche befestigten Stifts. Dreht man das Minutenrohr vermöge eines aufgesteckten Uhrschlüssels so lange, bis der Stift eine Zacke des Sterns fortspringen läßt, und merkt man sich, welche Stufe von der Staffel unter dem bewußten Arme des Rechens sich befindet, ob es die für die Stunde 1, oder 2, oder 3 ꝛc. ist, so braucht man nur, nach aufgesetztem Zifferblatte, die Zeiger auf eben diese Stunde zu stellen. Alsdann wird die Uhr jede zurückgelegte Stunde ordentlich repetiren.

§. 321.

Soll die Uhr auch Viertelstunden repetiren, so hat sie eine eigne Viertelstundenstaffel nöthig, die concentrisch an das Minutenrohr befestigt seyn muß. Diese Viertelstundenstaffel enthält vier Stufen für die vier Viertel. Zu ihr gehört auch ein Viertelstunden-Rechen, der durch denselben Druck, der den Stundenrechen hinab auf seine Staffel schiebt, auf

eine Stufe seiner Staffel kommt, die übrigen Theile auslößt und von einem Viertelstunden-Schöpfer wieder zurückgeführt wird. Gewöhnlich sind zwey Hammerzüge da, welche nach einander von dem Viertelstunden-Rechen zurückgeführt werden, weil zwey Hammer die Viertelstunde durch Doppelschläge bemerklich machen sollen. Für ein Viertel, zwey Viertel und drey Viertel hat der Viertelstunden-Rechen drey Zähne, welche den Schöpfer in Bewegung setzen.

Die ältern Repetiruhren hatten den Fehler, daß sie falsch repetirten (zu wenige Schläge thaten), wenn man den Drücker nicht genug hineinschob. Dadurch konnte man leicht in der Zeit irre werden. Diese Unvollkommenheit half man durch einen eignen Mechanismus ab, welcher Alles oder Nichts, Vollzieher genannt wurde. Mit der Viertelstunden-Staffel ist nämlich concentrisch ein, etwas hin und her beweglicher, wie die höchste Stufe der Staffel gestalteter, mit einer stählernen Druckfeder versehener Theil verbunden, welcher sich vorwärts stemmt, und nur dann zurückspringt und den Aushebe-Vorrichtungen Platz macht, wenn der Rechen-Arm durch hinreichend tiefes Drücken ordentlich auf eine Stufe der Staffel gekommen ist. Wo nicht, so erfolgt die Auslösung nicht, und die Uhr kann nicht schlagen.

Die nicht zum Laufwerke der Repetiruhr gehörenden Theile, meistens von polirten gut gehärtetem Stahl verfertigt, liegen unter dem Zifferblatte der Uhr. — Durch die Anwendung von elastischen Stahlfedern, woran die Hämmer schlagen, spart man einen bedeutenden Raum in dem Uhrgehäuse, den sonst die Glocke einnahm. Diesen Raum kann man bes-

fer für das Räderwerk benutzen, um nicht nöthig zu haben, die Uhr zu groß zu machen, oder die Theile des Räderwerks zu nahe auf einander zu packen. Schon vor Erfindung der klingenden Federn (vor 20 Jahren) ließ man oft die Glocke hinweg und die Hämmer blos an ein Knöpfchen schlagen, welches freylich für das Ohr nicht angenehm lautete.

§. 322.

Einfacher, aber nicht so bequem, als die gewöhnlichen Repetiruhren, sind die von dem Franzosen Julien le Roy erfundenen Zugrepetirwerke. Mit dem Nagel des Zeige- oder Mittelfingers muß man ein Häkchen fassen, welches zwischen der ersten und zweyten Stundenzahl an der Seite des Uhrgehäuses hervorragt. Dies Häkchen zieht man langsam und behutsam heraus. Alsdann hört man ein Schnappen, welches die Stelle der Schläge vertritt. Hat man diesen Zieher so weit heraus, als es gehen will (welches eine staffelähnliche Vorrichtung regulirt) so ist das Schnappen oder Schlagen zu Ende, und man weiß nun die verflossene Stunde. Nun drückt man ihn wieder langsam hinein, und dieselben Schläge geschehen dann noch einmal.

Die Drehrepetirwerke des Würtembergischen Künstlers Hahn haben eine ähnliche Einrichtung. Man dreht den Knopf an dem Gehänge des Uhrgehäuses so weit rechts herum, als geschehen kann. Man hört dann so viele Mal schnappen, als der Zeiger auf dem Zifferblatte Stunden angiebt. Dreht man hernach den Knopf links herum, so kommt alles wieder in die vorige Lage. Immer erfährt man die verflossene Stunde, wenn man den Knopf rechts herumdreht.

Für taube Menschen hat man die Repetiruhren auch so eingerichtet, daß man die Zahl der Schläge durch ein leises Stechen an dem Finger spürt, wenn man diesen an ein kleines am Uhrgehäuse hervorstehendes Stiftchen hält.

VIII.

Die Weckuhren.

§. 323.

Die Weckuhren, d. h. die mit einem Wecker versehenen (meistens großen) Uhren können allerdings von großem Nutzen seyn. Der Wecker ist eine mit der gewöhnlichen Uhr verbundene Vorrichtung, welche zu einer bestimmten Zeit durch ein anhaltendes Schlagen an eine Glocke einen großen Lärm erregt, so daß dadurch Schlafende, in deren Nähe sich die Uhr befindet, geweckt und ermuntert werden müssen.

Die Haupt-Vorrichtung bey einem solchen Wecker ist ein kronenförmiges an einer besondern Stelle zwischen den Uhrplatten angebrachtes Steigrad (von Gestalt desjenigen in einer Taschenuhr), welches in eine Spindel greift und diese vermöge der Lappen hin und her zu werfen vermag. Auf der Welle des Steigrades sitzt eine concentrische Rolle, welche sich um die Welle drehen läßt, aber vermöge eines Gesperres (§. 288.) nur nach derjenigen Gegend herum, welche der Bewegung des Steigrades, wenn es die Spindel hin und her wirft, entgegen ist. Nach der andern Richtung darf sie sich, mittelst des Gesperres, nicht anders herum bewegen, als daß sie auch das Steigrad mit herum nimmt, welches dann die Spindel hin und her wirft, folglich auch den oben an der Spindel festsitzenden Ham-

mer, welcher dadurch anhaltend an die über ihm hängende Glocke schlägt.

Ueber die Rolle ist eine Schnur geschlagen, woran auf derjenigen Seite, nach welcher hin die Rolle sammt dem Steigrade sich umdreht, ein Gewicht, nach der andern Richtung ein kleines Gegengewicht hängt. Wird das Hauptgewicht nach dieser Richtung hin aufgezogen, so setzt es nach der andern Richtung hin das Steigrad in Umdrehung, folglich die Spindel und den Hammer in die bewußte Bewegung, und dieser Lärm des Hammers an die Glocke dauert vielleicht ein Paar Minuten oder so lange fort, bis das Gewicht abgelaufen ist.

§. 324.

Nun muß aber, nach dem Aufziehen des Gewichts, das Steigrad so lange ruhen, bis die für das Wecken bestimmte Zeit erschienen ist. In dieser Absicht sitzt auf der Fläche des Steigrades ein Stift fest, gegen den ein Arm oder Hebel sich lehnt, welcher das Rad so lange unbeweglich fest hält, bis der Arm um die bestimmte Zeit auf folgende Art ausgelößt wird.

Eine Scheibe ist unter dem Zifferblatte concentrisch mit dem Stundenrade (welches den Stundenzeiger trägt) verbunden. Sie dreht sich mit diesem Rade innerhalb 12 Stunden zugleich einmal um. Auf ihrer Peripherie, die einen Kerb oder Einschnitt hat, ruht ein Haken, der mit demjenigen Arme verbunden ist, dessen eines Ende nach der Fläche des Steigrades hinreicht und daselbst das Steigrad vermöge des vorhin erwähnten Stiftes anhält. Dies Anhalten des Steigrades geschieht,

nun immer so lange, als jener Haken auf der Peripherie der Weckscheibe liegt. Sobald aber der Haken in den Einschnitt fällt, so hebt sich das am Stifte des Steigrades befindliche Ende des Auslösungsarms in die Höhe. Er verläßt dann den Stift des Steigrades; dadurch bekommt dieses, von der Schwere des Gewichts gezogen, freyen Lauf, folglich können nun die Zähne des Rades ungehindert auf die Spindel wirken und diese, sowie den Hammer, in die bewußte Bewegung setzen.

§. 325.

An der Weckscheibe sitzt eine Röhre, mit welcher sie fest auf das Rohr des Stundenrades geschoben wird, und zwar so, daß sie sich mit wenig angewandter Kraft um dieses Rohr drehen läßt. Außerhalb des Zifferblatts ragt jene Röhre etwas hervor; sie trägt da eine andere Scheibe, welche, wie ein Zifferblatt, in 12 gleiche Theile für die Stunden eingetheilt ist. Mit der Weckscheibe dreht sich diese Scheibe zugleich um. Dem Stundenzeiger der Uhr gerade gegenüber ist an dem Rohre desselben eine Spitze angebracht, welcher zum Zeiger für die eingetheilte Weckerscheibe dient.

Der Gebrauch der ganzen Vorrichtung wird nun leicht einzusehen seyn. Gesetzt, man wollte sich zu einer gewissen Zeit, z. B. um 3 Uhr wecken lassen, und die Stunde, wo man das Stellen des Weckers verrichtet, wäre etwa Abends 10 Uhr. Man dreht dann die eingetheilte Weckerscheibe so herum, daß der Weckerzeiger, d. h. die oben erwähnte Spitze am Stundenzeiger, auf 3 zu stehen kommt, wobey aber der Stundenzeiger selbst nicht verrückt werden darf. Die Scheibe

kommt also durch dieses Drehen um 5 Stunden weiter, nachdem der Haken des Weckerarms aus dem Kerbe herausgegangen war und sich auf den Umfang der Scheibe gelegt hatte. Das andere Ende des Arms stützt sich, nach geschehenem Aufziehen des Gewichts gegen den Stift am Umfange des Steigrades. Dadurch wird das Steigrad so lange aufgehalten, bis die bestimmte Stunde herangekommen ist, in welcher man geweckt seyn will, nämlich 3 Uhr. Bey wirklich herangerückter Stunde hat sich die Weckscheibe um $\frac{5}{12}$ ihres ganzen Umfangs mit dem Stundenrade zugleich herumgedreht. Der Haken des bewußten Arms, fällt dann in den Einschnitt der innern Scheibe, das andere Ende des Arms hebt sich wieder aus dem Stifte des Steigrades, das Steigrad bekommt freyen Lauf und der Hammer macht ein lautes Geräusch an die Glocke.

Wird der Wecker, statt des Gewichts, von einer eignen Feder in Bewegung gesetzt, so spart man den Raum, den sonst das Gewicht und die Schnur nöthig hat. Es ist dann an dem Steigrade ein Federhaus befestigt, worin die Feder mit ihrem Federstifte auf die gewöhnliche Art liegt. Mit dem Federstifte ist ein Gesperre so verbunden, daß mittelst eines Schlüssels, den man auf den vierkantigen Zapfen des Federstifts setzt, die Feder nach der einen Richtung aufgewunden wird. Nach der andern Richtung sucht sie sich wieder auszubreiten, wird aber durch das Gesperre so lange daran verhindert, bis auf die oben beschriebene Art der Arm oder Hebel sich um die zum Wecken bestimmte Zeit von dem Stifte des Steigrades entfernt. Nun erst kommt der Wecker durch die Kraft der Feder in Thätigkeit.

§. 326.

Folgender Wecker, der mit jeder Taschenuhr in Verbindung gesetzt werden kann, hat seinen Nutzen durch viele tausendfache Anwendung bewährt. Eine Vorrichtung mit Steigrad, Spindel, Hammer rc. (wie §. 321 f.) muß von den Zeigern der Taschenuhr, entweder von dem Stundenzeiger oder von dem Minutenzeiger, um die bestimmte Zeit ausgelößt und in Bewegung gesetzt werden. Dies geschieht durch folgenden Mechanismus.

Man legt die Taschenuhr, die etwa durch ihren Stundenzeiger das Auslösen des Weckers verrichten soll, in ein kleines auf dem Tische stehendes Gestelle, nachdem man nicht weit davon den Wecker (wenn er durch ein Gewicht bewegt werden soll) an die Wand gehängt hatte. Das kleine Gestelle kann etwa drey Füße enthalten. In vertikaler Richtung läßt sich in diesem Gestelle ein kleiner Schieber mit einer ohngefähr ¼ Quadratzoll breiten Oberfläche auf und nieder bewegen. Blos durch seine Reibung in der Schieböffnung kann er an jeder beliebigen Stelle stehen bleiben. Man kann ihn also auch so stellen, daß seine Oberfläche mit der Fläche des Zifferblatts der Uhr, deren Deckel man geöffnet hat, in einer und derselben horizontalen Ebene sich befindet. Auf dieser Oberfläche des Schiebers ist ein kleiner dünner (etwa aus einer Stecknadel verfertigter) zweyarmiger Hebel um einen Punkt beweglich. Mit dem längern Arme reicht dieser Hebel so bis an den Stundenzeiger der Uhr, daß dieser ihn mit seiner Spitze treffen und fortschieben kann. Der Minutenzeiger der Uhr muß über ihm hinweggehen. Der kurze

Hebelsarm ragt etwas über den Rand der Oberfläche des Schiebers hervor. In der Nähe dieses Randes steckt, parallel mit der Oberfläche, ein kleiner Stift, an welchem ein kleines aus einem Drahtstücke bestehendes Gewichtchen eingehängt werden kann. Deswegen hat auch dieses Gewichtchen einen kleinen Einschnitt oder Kerb. Es darf an jenem Stiftchen nur so fest hängen, daß ein leiser Stoß es schon abwirft; und zwar muß es an derjenigen Seite hängen, daß der kurze Arm des dünnen Hebels es abwerfen kann, wenn der längere Arm desselben von dem Stundenzeiger fortgeschoben wird, weil sich dann der Hebel um seinen Unterstützungspunkt dreht.

An dem untern Ende des Gewichtchens sitzt eine Schnur fest, welche nach dem Auslösungshebel des Weckers hingeleitet wird. Dieser Hebel ist in der Nähe des Steigrades so angebracht, daß sein kurzer Arm sich an den Stift auf der Fläche dieses Rades anlehnen und dadurch das Steigrad festhalten kann. An das Ende des langen Arms ist die Schnur geknüpft. Die Schnur muß so lange schlaff seyn, als das Steigrad ruhen soll; sie muß aber durch das Gewichtchen angezogen und angespannt werden, sobald dieses von seinem Stiftchen herabfällt.

§. 327.

Gesetzt, man wolle sich um 4 Uhr wecken lassen. Man dreht dann die Uhr in dem Gestelle, worin sie liegt, mit geöffnetem Deckel so lange herum, bis der eine Arm des dünnen Hebelchens auf die Zahl 4 des Zifferblatts gestellt werden kann. Man zieht das Gewicht des Weckers auf, stellt das Steigrad mittelst des

Auslösungshebels fest, und hängt das Abwerfgewichtchen vermöge seines Kerbs an das bewußte Stiftchen des Schiebers. Wenn dann der Stundenzeiger die Zahl 4, folglich den daselbst liegenden Hebelsarm erreicht hat, so stößt er an ihn, dreht ihn und dadurch bewegt er auch den andern Hebelsarm so, daß er das Gewichtchen, das in seiner Nähe sich befindet, von dem Stiftchen wirft. Das Gewichtchen zieht beym Herabfallen die Schnür an (weil es nicht auf den Boden kommt); dadurch wird der lange Arm des Auslösungshebels niedergedrückt und der kurze Arm aus dem Steigrads-Stifte gehoben; das Steigrad wird frey, dreht sich durch die Schwere seines Gewichts um, setzt die Spindel in Bewegung und der Hammer schlägt nun so lange ununterbrochen an die Glocke, bis das Gewicht des Weckers abgelaufen ist.

Natürlich mußte hier vorausgesetzt werden, daß der Minutenzeiger über dem dünnen auf dem Zifferblatte liegenden Hebel hinwegging. Der Hebel mußte also hier sehr dünn und der Minutenzeiger etwas in die Höhe gebogen seyn. Da hieraus allerdings mancher Uebelstand entstehen kann, so möchte man wohl lieber dem Minutenzeiger das Auslösen überlassen. Alsdann muß, statt des einfachen Hebels, ein leichter metallener Stern mit 12 Zacken auf der Oberfläche des Schiebers so angebracht seyn, daß er sich leicht um seinen Mittelpunkt dreht, und daß die Zacken bis an die Minutenabtheilungen des Zifferblatts reichen. Aber nur eine einzige Zacke muß so lang seyn, daß sie das hinten an dem bewußten Stiftchen hängende Gewichtchen abwerfen kann.

Man überlegt nun, wie viele Mal der Minutenzeiger bis zu der zum Wecken bestimmten Stunde noch herumkommen oder wie viele Mal er noch den auf der Fläche des Zifferblatts liegenden Stern treffen muß. Gesetzt, dies wäre von der Zeit an, wo man den Wecker anstellt, fünfmal. Man hält zur Probe die lange Zacke über den Stift, woran das Abwerfegewicht gehängt wird, und nun dreht man ihn rückwärts um 5 Zacken oder um so viele Zacken herum, als der Minutenzeiger bis zum Abwerfen des Gewichts noch Zacken treffen muß. Er schiebt dann beym jedesmaligen Herumkommen eine Zacke auf dem Zifferblatte weiter. Schiebt er nach der fünfmaligen Umdrehung die fünfte Zacke weiter, so muß die große Zacke an das Gewichtchen gekommen seyn; sie muß es dann abwerfen und der Wecker muß auf die oben beschriebene Art in Bewegung kommen.

Es läßt sich sogar eine Vorrichtung treffen, daß ein solcher Wecker nicht durch den Lärm des Hammers an eine Glocke, sondern durch gewaltsames Ziehen an Arm oder Bein weckt. Zuweilen ist mit dem Wecker auch eine eigne Vorrichtung verbunden, wodurch in dem Augenblicke des Weckens zugleich ein Licht angezündet wird.

IX.

Vom Stellen der Uhren und von den Aequationsuhren.

§. 328.

Man muß die Uhr stellen, d. h. ihren Gang nach der Bewegung irgend eines Gegenstandes einrichten

können, deren Gleichförmigkeit bekannt ist. Ein solcher Gegenstand ist die Sonne, vermöge ihrer täglichen scheinbaren Bewegung um die Erde. Hat die Sonne am Tage ihre größte Höhe an unserm Horizonte erreicht, so ist Mittag. Dieser Punkt, wo die Sonne am höchsten steht, liegt in der Mitte des Bogens, welchen sie vom Aufgange bis zum Untergange beschreibt; er ist also ein beständiger Punkt. Stellt man die Zeiger der Uhr auf 12, sobald die Sonne in diesen höchsten Punkt getreten ist, so muß sie alle Tage auf 12 stehen, wenn die Sonne eben Mittag anzeigt. Ist dies der Fall, so ist ihr Gang eben so akkurat, als der Gang der Sonne.

Man kann jenen höchsten Stand der Sonne, oder den Mittagspunkt an dem Schatten eines perpendikulär aufgerichteten Stabes beobachten. Denn am kürzesten ist dieser Schatten zu Mittage, wo die Sonne am höchsten steht. In gleichen Entfernungszeiten vom Mittage ist der Schatten gleich lang. Beobachten wir also auf einer Ebene gleich lange Schatten, erst des Vormittags und hernach auch des Nachmittags, so erhalten wir durch Halbirung des Zwischenraums der beyden Richtungen oder eines Bogens, auf welchen man die Enden des Schattens fallen ließ, die Richtung für die sogenannte durch den Punkt des aufgerichteten Stabes gezogene Mittagslinie. Eine solche Mittagslinie kann recht gut zum Stellen der Uhr dienen. Es ist nämlich genau 12 Uhr oder Mittag, wenn die Sonne, oder vielmehr der Schatten des von der Sonne beschienenen perpendikulär aufgerichteten Stabes in dieser Linie steht.

Besonders nothwendig ist es, die Thurmuhren oder öffentlichen Uhren, wonach sich alle Geschäfte eines Ortes richten und wonach auch alle übrigen Uhren regulirt zu werden pflegen, immer genau zu stellen.

§. 329.

Den Zeitraum von einem Mittage bis zum andern pflegt man den astronomischen Tag zu nennen. Man theilt ihn in 24 Stunden = 24 . 60 . 60 = 86400 Sekunden ein. Bestimmt man diesen Tag nach der Sonne, so heißt er Sonnentag. Indessen sind diese Tage das ganze Jahr hindurch nicht immer von gleicher Länge. Beobachtet man den Gang einer genauen astronomischen Pendeluhr, auf deren Gleichförmigkeit man sich verlassen kann, so findet man, daß bey ihr der Zeitraum von einem Mittage bis zum andern immer von gleicher Größe ist. Man nennt die Zeit, welche eine solche Uhr angiebt, mittlere Zeit. Wäre nun der Gang der Sonne stets gleichförmig, so würde sie dieselbe Zeit angeben. Wenn man aber die astronomische Uhr z. B. den 23sten December zu Mittage genau mit der Sonne übereinstimmend stellt, so wird sie den folgenden Tag, den 24sten December, um dieselbe Zeit mit der Sonne verglichen, schon 30 Sekunden mehr zeigen. Dieses Voreilen der Uhr (eigentlich Zurückbleiben der Sonne) nimmt bis zum 11ten Februar täglich zu; es beträgt an diesem Tage schon 14 Minuten 39 Sekunden. Von da an vermindert sich dieses Voreilen wieder bis zum 14ten April; u. s. w.

Die scheinbare Bewegung der Sonne am Himmel rührt bekanntlich von der täglichen Umdrehung der

Erde um ihre Achse her. Hätte die Erde keine andere Umdrehung als diese, so wären alle Sonnentage gleich groß, oder sie hätten zu ihrem Maaß die Zeit der Umdrehung des Erd-Aequators. Allein außer dieser täglichen Achsen-Umwälzung hat sie noch eine jährliche Bewegung um die Sonne. Vermöge dieser Bewegung geht sie täglich eine bedeutende Strecke vorwärts, so daß derjenige Mittagskreis, welcher heute zu einer gewissen Minute, der Sonne zunächst stand, morgen entweder schon vor oder zurück ist. Bald ist die Erde der Sonne näher, bald ist sie weiter von ihr entfernt, weil ihre Bahn kein Kreis ist, in dessen Mittelpunkte die Sonne sich befindet, sondern eine Ellipse, in deren Brennpunkte die Sonne steht. Daher rührt denn das abwechselnde Voreilen und Zurückbleiben.

§. 330.

Da nun die Uhren nicht der ungleichförmigen Bewegung der Sonne folgen, so haben sich die Astronomen eine gewisse gleich bleibende Zeit erdacht, woraus sich die wahre Zeit bestimmen läßt. Sie nehmen an, eine andere Sonne bewege sich gleichförmig von Abend gegen Morgen in dem Aequator und durchlaufe diesen Kreis genau in ebenderselben Zeit, in welcher die wahre Sonne mit einer ungleichförmigen Bewegung ihre Bahn durchläuft. Auch stellen sie sich vor, die erdichtete Sonne gehe, wie die wahre, täglich durch den Mittagskreis. Die Zwischenzeiten von einem Durchgange der fingirten Sonne bis wieder zu dem nächstfolgenden werden mittlere Sonnentage genannt.

die von diesem Durchgange, selbst gezählte Zeit aber heißt mittlere Sonnenzeit. Der Unterschied der mittlern und wahren Zeit wird Aequation oder Zeitgleichung genannt. Vermöge derselben lassen sich alle mittlern Zeiten in die wahren Sonnenzeiten verwandeln.

Man hat nicht blos Tafeln, Aequations-Tafeln entworfen (wie man sie in manchen astronomischen Kalendern und in verschiedenen Werken über die Uhrmacherkunst findet), welche die Zeitgleichung für jeden Tag im Jahre angeben, sondern auch eigene sehr künstliche Uhren, Aequationsuhren, gebaut, welche die Aequation zeigen. Den wesentlichsten Mechanismus bey diesen Uhren macht eine besondere Scheibe aus, die sich einer elliptischen in Hinsicht ihrer Gestalt am meisten nähert, eigentlich aber nach der Aequation gebildet ist. Diese Scheibe, welche in einem Jahre einmal herumkommt, ist mit dem für die wahre Zeit bestimmten Minutenzeiger in Verbindung gesetzt, und die Räder der Uhr selbst sind so eingerichtet, daß ein gewisses Rad in einem Jahre nur einen Umgang macht, und jene Scheibe mit herumnimmt. Die Tage des Monats richtig anzugeben, dienen verschiedene mit einem Rade verbundene Stifte (wie bey der Datumsuhr), welche das Monatszifferblatt am Ende jedes Monats weiter schieben.

Die sogenannten Sternentage sind von gleicher Dauer. Die Größe des Sternentages ist die Zeit, binnen welcher irgend ein Fixstern bey seinem scheinbaren Umlauf um die Erde von irgend einer Stelle am Himmel wieder an dieselbe Stelle kommt. Durch solche Sternentage kann man den Gang der Pendeluhren am leichtesten untersuchen.

X.

Die Perpetualuhren.

§. 331.

Die Perpetualuhr soll gleichsam ein Perpetuum mobile seyn, d. h. eine Maschine, welche die Ursache ihrer Bewegung immer durch ihren eigenen Mechanismus zu erneuern vermag, deren bewegende Kraft ununterbrochen und ohne einen neuen Antrieb von Aussen so lange fortwirkt, bis der Stillstand nur allein entweder durch gewaltsames Anhalten einer fremden Kraft oder durch Abnutzung der Maschinentheile erfolgt. Bis jetzt giebt es eine solche Maschine noch nicht, die allen diesen Erfordernissen in gehörigem Grade entspricht, obgleich die Erfindung derselben wohl nicht unmöglich ist.

Die in Deutschland sehr bekannt gewordene Geisersche Pendeluhr (von Geiser zu Chaux de Fond erbaut) schien allen jenen Bedingungen zu einem Perpetuum mobile ein Genüge zu leisten. Aber es war doch nicht der Fall. So sinnreich sie auch ausgedacht war, so hatte sie doch nicht Kraft genug in sich selbst, um sich ohne fremde Beyhülfe im Gange zu erhalten.

Ein großes ungezahntes messingenes Rad, $1\frac{1}{2}$ Fuß im Durchmesser, welches sich um eine stählerne Welle dreht, hat an seinem Umfange 39 hohle etwas über 1 Zoll lange messingene Cylinder, die an der Peripherie des Rades in gleicher Entfernung so um Zäpfchen beweglich sind, daß sie sich sowohl perpendikulär stets

len, als auch horizontal von der Peripherie des Rades hinweg legen können. Wenn sie liegen, so ist ihre Materie weiter von dem Mittelpunkte des Rades entfernt, als wenn sie stehen, folglich ist dann ein längerer Hebelsarm da. Auf der einen Seite liegen nun immer 20 Cylinderchen, auf der andern stehen 19. Auf jener Seite hat das Rad ein merkliches Uebergewicht. Es muß sich also daselbst, in der Richtung von oben nach unten, umdrehen. Dadurch stößt nun von selbst der unterste Cylinder an höchst sinnreich angebrachte Hebel und stellt sich dadurch, während bey derselben Rad-Bewegung oben ein Cylinder durch ein eben solches Anstoßen sich liegend macht. Die Ueberwucht bleibt hierdurch immer auf derselben Seite und die Umdrehung geschieht ununterbrochen aus demselben Grunde, warum ein oberschlächtiges Wasserrad, auf der einen Seite durch das Gewicht in den Zellen schwerer, beständig in Umdrehung bleibt, wenn die obere Zelle sich immer wieder mit Wasser füllt, während die unterste ihr Wasser ausgießt.

Die Welle jenes mit den Cylindern besetzten Hauptrades enthält ein gezahntes Rad, welches auf andere gezahnte Räder und Getriebe hinwirkt, und so eine schöne astronomische Uhr mit Aequation (§. 328.) in Bewegung setzt. — Leider, war aber hier die Ueberwucht der liegenden Cylinder nicht stark genug gewesen, die Uhr gehörig in Bewegung zu erhalten, und um die Uhr doch produciren zu können, hatte der Erfinder auf die allertäuschendste Art noch eine zusammengewickelte elastische Stahlfeder in einer schmalen Stütze

des Gestelles versteckt, welche jener Ueberwucht zu Hülfe kommen mußte.

§. 332.

Die Uhr des Engländers Coxe war auch eine Art Perpetuum mobile. Die Feder dieser Uhr wurde durch das Fallen des Quecksilbers eines mit der Uhr verbundenen Barometers immer wieder von neuem aufgezogen, nämlich vermöge eines auf dem Quecksilber schwimmenden Gewichts, dessen Schnur um ein Röllchen gieng, das mit der Feder so in Verbindung stand, daß es sie spannen konnte. Das Barometer enthielt 200 Pfund Quecksilber in sich.

Weniger verdienten die von dem Schweizer Recorder erfundenen Taschenuhren, welche sich von selbst aufziehen, den Namen Perpetuum mobile. Die Hauptfeder einer solchen Uhr wurde durch ein kleines im Innern der Uhr sehr künstlich angebrachtes Gewicht von Zeit zu Zeit wieder gespannt. Man mußte sie aber binnen 24 Stunden wenigstens einmal getragen haben, oder sie in der hängenden Lage einmal schütteln.

§. 333.

Weit eher ist Ramis elektrische Pendeluhr ein Perpetuum mobile. Sie besteht aus der Verbindung eines Uhrwerks mit der Zambonischen Säule.

Die vor etlichen Jahren von dem Physiker Zamboni zu Verona erfundene sogenannte trockne Galvanische Säule zeigt an beyden Enden elektrische Kraft genug, um ein leicht bewegliches Pendel, we-

nigstens dem Anscheine nach, ganz gleichförmige und beständig dauernde Schwingungen ertheilen zu können. Einige tausend Scheiben von ungeleimtem Silberpapier sind auf der Papierseite mit einem Gemenge aus Honig und Braunstein dünn bestrichen und dann sind sie in einer außen und innen mit Siegellack überstrichenen Glasröhre gleichförmig aufeinander gepreßt. Die Röhre ist oben und unten in eine messingene mit den äussersten Scheibchen durch einen Draht in Verbindung stehende Kappe eingefaßt. Oben trägt sie einen wohl abgedrehten Knopf von Messing. Von solchen Glasröhren mit Scheibchen stehen nun zwey in einer Entfernung von ein paar Zollen neben einander. In der einen Röhre ist die Silberseite, in der andern die Braunsteinseite aller Papierscheibchen oben. In der Mitte zwischen ihnen ist auf einem kleinen Stative, das mit den Säulen eine gemeinschaftliche Basis hat, eine dünne messingene Nadel, die Schwingungsnadel, in perpendikulärer Lage so angebracht, daß sie sich um dünne Zäpfchen in pfannenförmigen polirten Unterlagen, (ohngefähr wie ein Waagbalken um seine Zapfen) sehr leicht hin und her bewegen läßt. Ihr oberes in einen Ring gebogenes Ende befindet sich in einerley Höhe mit dem Mittelpunkte der messingenen Säulen-Köpfe. Ihre Länge unter dem Umdrehungspunkte (den Zäpfchen in den Pfannen) ist fast eben so groß, als über demselben. Unten ist ein verschiebbares Gegengewicht angebracht, um die Nadel in senkrechter Richtung zu erhalten und die Geschwindigkeit der Schwingungen zu reguliren.

Wenn man nun den Ring der Nadel mit einem

der Knöpfe zur Berührung bringt, so wird er augenblicklich abgestoßen, aber auch sogleich von dem gegenüber stehenden bis zur Berührung angezogen, wieder bis zum entgegengesetzten Knopfe abgestoßen ꝛc. So kommt also die Nadel in ähnliche Schwingungen, wie ein Pendel; und diese Schwingungen dauern ununterbrochen fort.

Ist alles sehr kräftig eingerichtet, so kann man einem verlängerten Zapfen der Schwingungsnadel einen Hemmungshaken (wie §. 289.) geben, der in ein Steigrad greift und dieses in Bewegung setzt. Die Welle des Steigrades kann man dann mittelst anderer Räder und Getriebe (nach §. 291 f.) auf Zeiger hinwirken lassen, welche auf einem Zifferblatte die Zeit (Stunden, Minuten ꝛc.) angeben müssen. — Alle Hindernisse der Bewegung, hauptsächlich die Reibung müssen nur von den Wellzapfen, Rädereingriff ꝛc., auf das Beste entfernt seyn. Zwar hat man gefunden, daß die Gleichförmigkeit der Bewegung einer solchen elektrischen Uhr nicht recht der Erwartung entsprochen hat. Indessen zum gewöhnlichen Gebrauch möchte doch wohl ihre Anwendung nicht unwerth seyn.

J. G. Leutmann, vollständige Nachricht von Uhren. 2 Theile. Halle 1718—1722. 8.

J. Alexanders ausführliche Abhandlung von den Uhren überhaupt; aus dem Französ. übers. von C. Ph. Berger. Lemgo 1738. 8.

Heinr. Sullys Unterricht von Eintheilung der Zeit und der verschiedenen Einrichtung großer und kleiner Uhren; a. d. Französ. übers. von A. Charles. Lemgo 1754. 8.

Le Paute, Traité d'Horlogerie. Paris 1755. 4.

J. G. Hartmann, nothwendiger Unterricht von Verbesserung aller Uhren. 2 Theile. Halle 1756. 8.

Ferd. Berthoud, Essai sur l'Horlogerie. 2 Vol. Paris 1763. 4.

F. Berthoud, Traité des Horloges marines etc. Paris 1773. 4.

Alex. Cummings Elements of Clock — and Watch Work. London 1766. 4.

C. F. Vogel, praktischer Unterricht von Taschenuhren, sowohl für Verfertiger, als Liebhaber. Leipzig 1774. 8.

F. Berthoud, Anweisung zur Kenntniß, Gebrauch und guten Haltung der Wand- und Taschenuhren; a. d. Franz. Meissen 1791. 8.

F. Berthoud, de la mesure du temps par les Horloges dans l'usage civile etc. Paris 1797. 4.

F. Berthoud, Histoire de la Mesure du temps par les Horloges. 2 Vol. Paris 1802. 4.

J. G. Geißler, der Uhrmacher oder Lehrbegriff der Uhrmacherkunst, aus den besten englischen, französischen und andern Schriften. 10 Theile. Leipzig 1793—1799. 4.

J. H. M. Poppe, theoretisch-praktisches Wörterbuch der Uhrmacherkunst rc. 2 Theile. Leipzig 1799—1800. 8. Neue Auflage 1810.

Dessen (J. Auch) Anleitung zur Kenntniß und Behandlung der Taschenuhren für Uhren-Besitzer und Verfertiger. Neue Aufl. Gotha 1810. 8.

Th. Martin, die englische Uhrmacherkunst; a. d. Engl. übers. von Poppe. Pesth 1819. 8.

(Verschiedene neue Arten von Hemmungen, Compensationspendeln und andere neue Uhrtheile findet man vorzüglich noch im Repertory of Arts, im Magazin der Erfindungen und andern ähnlichen Journalen beschrieben und abgebildet.)

Vierzehnter Abschnitt.

Hindernisse der Bewegung bey Maschinen.

§. 334.

Wenn sich der Bewegung der Maschinen gar keine Hindernisse entgegensetzten, so würde blos zur Ueberwindung der Trägheit (§. 7.) aller bewegbaren Maschinentheile eine Kraft nöthig seyn, keineswegs aber zur Unterhaltung der Bewegung. Hätte die Maschine nur einen Antrieb erhalten und sie bewegte sich mit einer gewissen Geschwindigkeit, so würde sie sich mit dieser Geschwindigkeit beständig ohne neuen Antrieb fortbewegen, vorausgesetzt, daß die bewegenden Theile gar keine Hindernisse fänden. Aber solche Hindernisse sind nun einmal immer da, welche sich den bewegenden Theilen entgegensetzen und welche die Maschine sehr bald in Stillstand bringen würden, wenn sie nicht von der bewegenden Kraft stets einen neuen Antrieb erhielte. Diese Hindernisse sind vorzüglich die Reibung, der Widerstand der Luft und bey manchen Maschinen auch die Unbiegsamkeit oder Steifheit der Seile.

Ganz entfernen lassen sich diese Hindernisse nicht; aber sie lassen sich durch verschiedene Mittel viel geringer machen. Je mehr man sie verringert, desto leichter bewegt sich die Maschine und desto geringer kann auch die bewegende Kraft seyn.

I.

Die Reibung oder Friktion.

§. 335.

Die Reibung oder Friktion ist das vornehmste Hinderniß der Bewegung bey den Maschinen. Wenn auf einem horizontalen Boden eine Last liegt, so trägt der Boden die Last ganz. Wollte eine Kraft die Last auf dem Boden fortbewegen, so brauchte diese Kraft nach Ueberwältigung der Trägheit nur unendlich geringe zu seyn, weil sie mit der Erhaltung der Last gar nichts zu thun hat. Aber dies ist in der Natur nicht der Fall. Die zum Fortschieben nöthige Kraft ist immer beträchtlich; in den meisten Fällen, wenn der Boden nicht zu ungleich ist, macht sie ein Drittel der Last aus. Man hat nämlich beym Fortbewegen der Last denjenigen Widerstand zu überwältigen, welcher durch die Rauhheiten der auf einander liegenden Flächen entsteht. Hervorragende Theile oder Erhöhungen des einen Körpers setzen sich immer in Höhlen oder Vertiefungen des andern hinein. Die Erhöhungen müssen nun bey der wirklichen Fortbewegung des einen Körpers auf dem andern entweder abgebrochen, oder umgebogen, oder gänzlich aus den Vertiefungen herausgezogen werden. Hieraus entsteht nun eben für die bewegende Kraft derjenige Widerstand, welcher Reibung oder Friktion genannt wird. Ohne diese Reibung würde jeder Körper auf der horizontalen Fläche mit einer sehr geringen Kraft in Bewegung erhalten werden; auf einer schiefen Ebene würde er bey der geringsten Neigung von selbst herabgleiten; bey Bewegungen um Achsen würde

das geringste Uebergewicht auf der einen Seite die Drehung der Welle, Rolle u. d. gl. erzeugen rc.

Die Friktion, welche man bey Bewegungen so viel wie möglich zu verringern sucht, hat in vielen Fällen auch wieder großen Nutzen. Seilräder, Flaschenzüge und andere Maschinen, welche mittelst Seilen oder Schnüren (und zwar mittelst der Friktion derselben) herumgetrieben werden, könnten ohne Reibung gar nicht existiren. Das Festhalten durch Schrauben und Schieber würde ohne Friktion entweder gar nicht, oder sehr unvollkommen geschehen können. Treträder und Laufräder könnte man ohne Friktion gar nicht anwenden, weil man keinen sichern Tritt haben würde, u. d. gl. m.

§. 336.

Die Größe oder Stärke der Reibung ist bey verschiedenen Körpern, hauptsächlich bey der verschiedenen Gestalt und Glätte der sich auf einander bewegenden Flächen sehr verschieden. Sie läßt sich nur durch Versuche und Erfahrungen bestimmen. Schleift man die Flächen, d. h. schneidet man die Rauhheiten oder Erhabenheiten ab, oder polirt man sie, d. h. drückt man die Erhabenheiten mit einem harten blanken Körper, (einem Polirstahle oder Polirsteine), nieder; oder schmiert man sie, d. h. füllt man die Höhlen und Vertiefungen mit einer fetten, schlüpfrigen Materie aus; so verringert man dadurch die Friktion oft ungemein.

Körper verschiedener Art mit verschiedenen Unterflächen kann man folgendermaßen auf verschiedenen Körpern hinbewegen lassen, um die Stärke der Friktion zu bestimmen. Man läßt Seile oder Schnüre von den Körpern aus horizontal fortgehen, am Ende der Bahn

schlägt man sie um Rollen, damit sie von da an senkrecht herabhängen und einen Kasten tragen, in welchen man Gewichtstücke legen kann. Man legt so viele Gewichtstücke hinein, bis die Bewegung des Körpers so eben erfolgt. Vergleicht man nun die Gewichtstücke (sammt dem Gewicht des Kastens) mit dem Gewicht des Körpers, so erhält man die Stärke der Reibung des bewegenden Körpers. — Eine solche Vorrichtung bildet das Tribometer oder den Friktionsmesser, wie ihn schon Anontons, Muffchenbroek und späterhin auch Ximenes gebraucht haben, die Stärke der Friktion unter mancherley Umständen zu bestimmen.

Die genauesten Versuche stellte der Franzose Coulomb darüber an. Schlitten, deren Unterflächen durch angebrachte Lamellen vergrößert und verkleinert werden konnten, ließ Coulomb auf einem unbeweglichen Tische hinrutschen. Die Lamellen bestanden bald aus verschiedenen Holzarten, bald aus verschiedenen Gattungen von Metall. Bald waren sie flach, bald abgerundet; bald glätter, bald weniger glatt; bey Metallen bald geschmiert, bald ungeschmiert. Mit ähnlichen Lamellen wurde auch die Oberfläche des Tisches belegt. Eine Rolle war von dem einen Ende des Tisches in einer Höhe über dem Tische angebracht, die mit dem Schwerpunkte des Schlittens übereinkam. Ueber diese Rolle wurde eine Schnur gelegt, wovon das eine Ende an dem Schlitten befestigt war, das andere über der Rolle senkrecht herabhängende eine Waagschaale trug. In diese Waagschaale wurde so viel Gewicht gelegt, bis die Bewegung des Schlittens erfolgte. Die Gewichte

gaben dann wieder die Stärke der Reibung und zwar unter den mancherley veränderten Umständen an.

Auch mit Zapfen, die in Futtern (Löchern, Pfannen rc.) verschiedener Art liefen, hat man Versuche angestellt. Um die Welle schlug man eine Schnur, die an ihrem einen Ende eine Waagschaale enthielt. Man erforschte das zur anfangenden Drehung der Welle nöthige Gewicht durch allmähliges Zulegen in die Waagschaale.

§. 337.

Gesetzt, ein Körper drücke mit einem Gewicht $= Q$ auf eine Ebene und eine Kraft $= P$ suche ihn nach einer mit der Ebene parallelen und durch den Schwerpunkt des Körpers gehenden Richtung (etwa wie bey dem Tribometer (§. 336.) fortzubewegen. Gesetzt ferner, die Kraft P sey gleich der Waagschaale mit dem hineingelegten Gewicht, wenn der Körper sich eben auf der Ebene fortzubewegen anfängt. Als $P = \frac{1}{n} Q$ war, bewegte sich der Körper noch nicht; dies geschah erst, als noch ein kleines Gewicht $= r$ zugesetzt wurde. Nun ist $P = \frac{1}{n} Q + r$. Folglich muß die Friktion einer Kraft gleich seyn, welche zwischen die Gränzen $\frac{1}{n} Q$ und $\frac{1}{n} Q + r$ fällt. Vermehrt man das zugelegte Gewicht immer nur sehr wenig, so kann man jene Gränzen so nahe zusammenbringen, daß man ohne merklichen Fehler die eine oder die andere (entweder $\frac{1}{n} Q$, oder $\frac{1}{n} Q + r$) für die Reibung annehmen kann.

So hat man denn gefunden, daß die Friktion bey horizontaler Fortbewegung und bey mittelmäßiger Glätte, wo man auf keine besondere Mittel zur Verminderung des Reibens Bedacht genommen hatte, ein Drittel des Drucks gleichgesetzt werden kann. Durch Verminderungsmittel der Friktion, kann man diese so schwächen, daß sie nur noch $\frac{1}{6}$, oder $\frac{1}{7}$, oder $\frac{1}{10}$ des Drucks der an einander reibenden Körper ausmacht; oft sogar noch viel weniger.

§. 338.

Zu dem ersten Verminderungsmittel des Reibens gehört die Verringerung des Gewichts und der Fläche der auf einander reibenden Körper. Ist das Gewicht größer, so drücken sich die Erhabenheiten fester in die Vertiefungen hinein und dann gehört begreiflich mehr Kraft dazu, die Erhabenheiten aus den Vertiefungen herauszureißen. Ist die Fläche größer, so sind mehr Berührungspunkte da, folglich giebt es auch eine größere Summe von Rauhheiten (Erhabenheiten und Vertiefungen), die von der Kraft überwältigt werden müssen. Daher macht man Räder, Wellen und Wellzapfen nicht überflüssig stark und schwer; daher macht man die Räder der Maschinen selten massiv, sondern durchbricht sie gewöhnlich, oder läßt sie nur aus dem Kranze, den Radarmen oder Speichen und dem mittlern Ringe bestehen, welcher Kranz und Felgen mit der Welle verbindet.

Oft rundet man einen Körper auf derjenigen Fläche ab, welche sich auf einer andern Fläche bewegt, und vermindert dadurch die Summe der Berührungspunkte,

folglich auch die Größe der Reibung. Das Abrunden von Schleifen, von Wagenfelgen, von Zähnen der Räder, von Däumlingen u. d. gl. gehört unter andern hierher.

§. 339.

Körper von verschiedenartigen Materien reiben sich weniger auf einander, als Körper von einerley Materien. So reibt sich Eichenholz auf Buchenholz weniger, als Eichenholz auf Eichenholz, oder als Buchenholz auf Buchenholz. So reibt sich Stahl auf Stahl, Eisen auf Eisen, Messing auf Messing stärker, als Stahl auf Messing oder als Eisen auf Messing ꝛc. Versuche mit Tribometern haben dies deutlich genug dargethan. Es ist dies auch ganz natürlich; denn bey einerley Art von Materie ist auch die Struktur der Theilchen einerley, die Rauhheiten fassen besser und tiefer in einander, folglich muß auch die Friktion stärker ausfallen, als bey Materien von verschiedener Art. — Daher sollte man auch nie stählerne oder eiserne Wellzapfen in eisernen oder stählernen Pfannen oder Lagern laufen lassen, sondern in messingenen. Deswegen ist es nie gut, wenn eiserne Räder in eiserne Getriebe greifen: sondern messingene Räder müssen in eiserne, oder besser in stählerne Getriebe eingreifen; u. s. w.

Zu diesem zweyten Verringerungsmittel des Reibens rechnet man noch das dritte: daß die aneinander reibenden Körper recht hart seyn müssen. Alsdann fügen sich die Rauhheiten weniger leicht in einander. So reibt sich z. B. Weißdorn und wilder Apfelbaum, oder Horn und Weißbuchen wenig auf einan-

der. Man kann dies bey der Bildung von hölzernen gezahnten Rädern und hölzernen Trillingen beachten. Eben so ist die Reibung gering, wenn gehärteter Stahl auf Glockenmetall oder auf Achat oder auf einem andern harten Steine läuft, welches man bey manchen Wellzapfen und Zapfenlagern berücksichtigen sollte. Wellzapfen in guten Uhren läßt man zuweilen in Diamant oder in andern Edelsteinen laufen.

Holz auf Holz sollte nie nach der Quere seiner Fasern, sondern immer nach der Länge derselben sich bewegen. Am stärksten reibt sich Tannenholz auf Tannenholz nach der Quere seiner Fasern.

§. 340.

Noch ein nützliches Verminderungsmittel des Reibens ist das Schleifen und Poliren oder Glätten derjenigen Flächen, welche sich auf einander bewegen. Je blanker diese Flächen sind, desto geringer ist die Reibung. Aber auch das Schmieren vermindert die Friktion oft sehr bedeutend. Zu Metallen nimmt man reines Baumöhl; zu Holz nimmt man Seife oder Talg; oder auch wohl Reißbley (Graphit) und Wasserbley (Molybden), womit man die Holztheile so bestreicht, daß sie ein glattes metallisches Ansehen bekommen.

Durch längern Gebrauch verlieren die Oehle und andern Fette ihre Flüssigkeit, werden oft fest und harzig und auch durch Winterkälte werden sie dick. Dadurch wird die Friktion wieder stärker und die Bewegung schwerfälliger. Bey Metallflächen kommen hierzu noch abgerissene Metalltheile, welche sich mit dem Oehle

verbinden. Eine solche dick gewordene Schmiere muß man ja bey Zeiten hinwegschaffen und ihre Stelle mit frischem Oehl vertauschen.

Baumöhl nimmt man eigentlich nur zum Schmieren dünnerer Maschinenzapfen, z. B. der Uhren. Zum Schmieren dickerer Zapfen, z. B. der Mühlen, Bergwerksmaschinen, nimmt man zähere Arten. Letztere Maschinenschmieren sind oft kostspielig: Lampadius in Freyberg hat folgende wohlfeile Maschinenschmiere angegeben, welche seit dem Jahre 1805 im Erzgebirge zu allen Bergwerksmaschinen nützlich gebraucht wird. Zu einer Abkochung von 45 Theilen schwarzem Pech und 20 Theilen Leinöhl mischt man über Feuer eine Composition von 12 Theilen grüner Seife, 25 Theilen Seifensieder-Mutterlauge und 31 Theilen Wasser. Man rührt alles allmählig bis zur Consistenz eines dünnen Breyes unter einander. Die neue englische Maschinenschmiere des Erichton, welche in Deutschland (auch als die vortrefflichste Wagenschmiere) sich bewährt hat, erhält man, wenn man mit der gewöhnlichen Wagenschmiere so viel zerstossenes und gesiebtes Wasserbley mischt, daß sie die Consistenz einer Pommade annimmt. Sie verringert nicht blos die Friktion sehr, sondern hält sich auch zwey- bis dreymal so lange, als die gewöhnliche Schmiere. Am wirksamsten ist sie, wenn Achsen oder Zapfen von Eisen und Büchsen oder Zapfenlager von Messing sind.

§. 341.

Ist von einer Kraft zur Ueberwältigung der Friktion die Rede, so muß man darunter die absolute Kraft verstehen, d. h. eine Kraft, welche unmittelbar an der Stelle wirkt, wo die Reibung statt findet. Wirkt aber die Kraft an dem Ende eines Hebels oder an der Peripherie eines Rades, einer Rolle u. d. gl.,

so kommt die Hebelkraft dazu, und diese Kraft (die relative Kraft) braucht dann in den bekannten Verhältnissen (§. 38 f.) geringer zu seyn. Gesetzt, die Achse einer Rolle reibt sich und man nehme die Stärke der Reibung zu $\frac{1}{6}$ des Druckes an. Alsdann verhält sich die relative Kraft (welche den Widerstand des Reibens am Ende des Halbmessers der Rolle überwindet) zur absoluten Kraft, wie der Halbmesser der Achse zum Halbmesser der Rolle.

Wäre z. B. der Halbmesser der Achse = 1, der Halbmesser der Rolle = 8, der Druck auf die Achse = 1000 Pfund; so ist die absolute Kraft für die Reibung $= \frac{1000}{6} = 166\frac{2}{3}$ Pfund; die relative Kraft aber $= \frac{1000}{8 \cdot 6} = \frac{1000}{48} = 20\frac{5}{6}$ Pfund. Die Reibung wird also geringer, je größer die Halbmesser der Rollen und je kleiner die Halbmesser der Achsen sind.

§. 342.

Dasselbe gilt natürlich auch von den Wellzapfen und Rädern an der Welle. Kennt man die Dimensionen dieser Theile und das drückende Gewicht, sowie das Material und den Grad der Glätte, so kann man ziemlich genau die zur Ueberwältigung des Reibens erforderliche (relative) Kraft bestimmen.

Die Kraft vermehrt aber selbst die Reibung, weil auch sie einen Druck auf die Zapfen veranlaßt, welcher mit zu demjenigen Drucke gerechnet werden muß, den die Last bewirkt, wenn man den gesammten Widerstand der Zapfenreibung bestimmen will.

Setzt man bey einem Rade, dessen Welle sich um Zapfen bewegt,

den Halbmesser des Zapfens = 1
das Gewicht des Rades sammt der Welle . . . . = 1200 Pfund
die Last, welche durch Umdrehung des Rades überwältigt werden soll = 2000 Pfund
die dazu nöthige Kraft . . . . . = 600 Pfund

so ist das Moment der Friktion, wenn man die Reibung zu $\frac{1}{4}$ des Druckes annimmt

$$= \frac{1200 + 2000 + 600}{4} = 950 \text{ Pfund.}$$

Wäre der Halbmesser des Zapfens noch einmal so groß, also = 2, so würde das Moment der Reibung

$$= \frac{2 \cdot (1200 + 2000 + 600)}{4} = 2 \cdot 950 = 1900 \text{ Pfund}$$

seyn; folglich noch einmal so groß.

Je dünner also der Zapfen ist, desto geringer ist das Moment der Reibung, folglich desto weniger Kraft hat man zur Bewegung des Rades nöthig. So kann man nun bey allen Maschinen, wo Zapfen-Bewegungen vorkommen, die Größe der Reibung aller umlaufenden Theile bestimmen, z. B. bey Mühlrädern, Kunsträdern, Haspeln, Göpeln rc. Meistens ist die Friktion die größte Hindernißlast, welche die bewegende Kraft überwältigen muß. Zur Bestimmung dieser Kraft ist daher die Berechnung der gesammten Friktion an den bewegenden Theilen ein Haupt-Erforderniß.

Bei der Verminderung der Friktion durch Schwächung des Gewichtes und der Größe der Maschinentheile darf man nicht die Gränzen der Festigkeit überschreiten, wie sie nöthig

ist, um kein Brechen oder Biegen zu besorgen. Nach Versuchen des Musschenbroek, Sickingen und Achard zerrissen gleich lange Parallelepipeden, im Querschnitt 0,27 rheinl. Decimal Zolle ins Gevierte (an einem Ende befestigt und am andern nach und nach mit Gewichten beschwert): aus Buchenholz und aus Espenholz von 1250 Pfund; aus Eichenholz von 1150 Pfund; aus Lindenholz und aus Erlenholz von 1000 Pfund; aus Ulmenholz von 950 Pfund; aus Tannenholz von 600 Pfund; aus Fichtenholz von 550 Pfund. Gegossene metallene, 0,17 rheinl. Dec. Zoll ins Gevierte haltende Parallelepipeden aus Kupfer zerbrachen von 638 Pfund; aus deutschem Eisen von 1930 Pfund; aus Zinn von 150 Pfund; aus Silber von 1156 Pfund; aus englischem Bley von 25 Pfund. — Hieraus ergiebt sich ohngefähr, wie stark manche Maschinentheile, ohne zu zerbrechen oder ohne sich zu biegen, seyn müssen.

§. 343.

Sind während einer Bewegung immer einerley reibende Stellen der Friktion unterworfen, oder gleitet ein Körper über den andern hin, so wird die Friktion eine rutschende oder gleitende genannt. Erleiden aber in jedem Augenblicke andere Stellen des Körpers die Reibung, so nennt man sie rollende, drehende oder wälzende Friktion. Findet bald die gleitende, bald die wälzende Reibung statt, so wird sie eine gemischte genannt. So ist die Friktion der Kübel auf dem Tonnenfache (auf der schiefen Ebene), die Friktion der Pumpenkolben in den Kolbenröhren ꝛc. rutschend. Bey dem Fortrollen einer Walze und einer Kugel auf einer Ebene, beym Drehen der Wellzapfen in ihren Pfannen, beym Drehen des Wagenra-

des um seine Achse, beym Eingriff der Zähne in einander ꝛc. ist sie wälzend. Bey einem Kunstgezeuge ist sie gemischt, nämlich beym Rade rollend und in den Sätzen gleitend.

Die wälzende Reibung ist, unter gleichen übrigen Umständen, gewöhnlich kleiner, als die rutschende. Lasten rollt man viel leichter auf Walzen und auf Kugeln fort, als man sie auf der bloßen Ebene hinschiebt. Und wie sehr erleichtert man die Bewegung durch das Fortziehen einer Last auf einem Wagen!

Wenn eine Maschine anfängt, sich zu bewegen, so ist die Friktion immer größer, als nach einiger Zeit, wo die Maschine erst zu einer gewissen Geschwindigkeit, oder in einen gewissen Beharrungsstand gekommen ist. Alsdann werden schon manche Rauhheiten übersprungen, andere umgebogene in der umgebogenen Lage erhalten ꝛc.

§. 344.

Bey Zapfen- und Achsen-Bewegungen sucht man die Kraft so weit wie möglich von den reibenden Flächen zu entfernen, wenn es darum zu thun ist, Kraft zu sparen und die Bewegung so viel es geht, zu erleichtern. Deswegen legt man zuweilen Zapfen und Achsen von Rad-Wellen, statt in gewöhnliche Zapfenlager, auf die Peripherie anderer kleinerer ungezahnter Räder oder Scheiben, welche dünnere Zapfen oder Achsen haben, um die sie sich drehen. Man nennt diese Räder oder Scheiben Friktionsräder, Friktionsrollen, Friktionsscheiben oder Tragscheiben.

Durch eine solche Einrichtung vermindert man die Friktion sehr. Denn der Wellzapfen hat auf den Pe-

ripherien zweyer Scheiben, zwischen welchen er liegt, nur wenige Berührungspunkte; und wenn er auch einmal durch eine unmerkbare Rauhheit auf diesen Peripherien ein leichtes Hinderniß findet, so hält ihn dies nicht im mindesten auf, weil sich die Scheiben selbst sehr leicht um ihre dünnen Zapfen drehen. Je größer bey einer und derselben Kraft die Friktionsscheiben sind, desto dünner können auch die Zapfen seyn, desto geringer ist die Reibung, und desto leichter geht die Bewegung. — Es versteht sich hierbey wohl von selbst, daß Zapfen, Wellen, Scheiben und Räder recht rund, glatt und polirt sind. Zum Lager dürfen die Zapfen keine weichere Materie als geschlagenes Messing haben. Sonst ist hartes Holz (wilder Apfelbaum, Weißdorn ꝛc.) zu Zapfenlagern fast immer besser, als gewöhnliches Eisen.

§. 345.

Jeder Zapfen liegt natürlich so zwischen zwey gleich großen neben einander laufenden Friktionsscheiben, daß er nicht durch ihre Vereinigungslinie hindurchfallen kann. Damit er sich nicht emporhebe, so ist über dem Zapfen zuweilen noch eine dritte Friktionsscheibe angebracht. Die drey wie ein Dreyeck gestellten Scheiben haben also den Zapfen zwischen sich, der sich folglich nur an einer Stelle jeder Scheibe ein wenig reibt. Aber auch diese Reibung wird sogleich durch die Scheibe selbst, welche sich um ihre Achse dreht, beinahe ganz aufgehoben.

Der Druck der Zapfen vertheilt sich auf den beyden Scheiben, worauf er liegt. Ist nun der Halb-

messer jeder Scheibe 10 mal, 12 mal, 20 mal ꝛc. so groß, als der Halbmesser des Zapfens, so ist schon dadurch zur Ueberwältigung des Reibens eine 10 mal, 12 mal, 20 mal ꝛc. geringere Kraft nöthig. Legt man nun gar die Zapfen jeder Friktionsscheibe wieder zwischen zwey Friktionsscheiben, so wird dadurch die Reibung (in Hinsicht der bewegenden Kraft) beynahe auf Nichts gebracht.

§. 346.

Begreiflich muß die Stärke der Friktionsscheiben und ihrer Achsen dem zu tragenden Gewichte angemessen, und damit sie sich an ihrer Peripherie nicht leicht auslaufen, so müssen sie möglichst hart (z. B. von sehr stark geschlagenem Messing) seyn. Schon vor etlichen 70 Jahren waren die Friktionsscheiben bekannt. Der Engländer Fitzgerald zeigte ihre Anwendung bey Haspeln, Göpeln, Mühlen und andern Maschinen, besonders bey denen, wo die bewegende Kraft nur schwach war. So hat man sie bey solchen Wassermühlen anzuwenden gesucht, denen nur wenig Wasser zu Gebote steht, und bey Windmühlen, wo die Flügelwelle immer sehr dick, folglich die Reibung der Wellzapfen gewöhnlich recht stark ist. Fitzgerald schlug zu den Zapfen dieser Flügelwelle Scheiben von 5 bis 6 Fuß im Durchmesser vor. — Auch bey Wagenrädern hat man sie angewendet.

Mit ganz vorzüglichem Nutzen bedient man sich der Friktionsscheiben bey den See- oder Längenuhren (§. 341.), von deren Gange man die möglich größte Genauigkeit erwartet. Heinrich Sully schlug

sie zuerst für solche Uhren vor. Zwischen drey solchen Scheiben von großen Durchmessern sollten die Zapfen der Unruhe laufen, statt daß sie, wie gewöhnlich, in zwey runden Löchern giengen. Die größten mechanischen Künstler der neuesten Zeit, z. B. Berthoud, le Roy, Arnold, Mudge, Emery rc. ahmten diese Methode bald mit größtem Glücke nach.

So viel ist freylich ausgemacht, daß die Friktionsscheiben bey kleinen Maschinen, welche (wie die Uhren) einen sehr leichten Gang haben müssen, nützlicher wie bey großen Maschinen (bey Fuhrwerken, Mühlen rc.) sind, wenn man nur dafür sorgte, daß ihre eigene Bewegung mit der größten Leichtigkeit geschieht. Bey großen Maschinen vermehren sie allerdings die Baukosten und wenn die umlaufenden Theile einer großen Maschine von beträchtlichem Gewicht sind, so laufen die Friktionsscheiben an ihrer Peripherie durch das stete Reiben der Zapfen ziemlich schnell aus. Dies mag auch wohl die Ursache seyn, warum man die Friktionsscheiben bey großen Maschinen so selten findet.

Manche Maschine, bey der man glaubt, Friktionsscheiben anwenden zu können, dürfte auch wohl bey einer etwas ungleich wirkenden bewegenden Kraft eine zu schnelle Bewegung bekommen, die schädlich seyn könnte. Alle solche mögliche Fälle muß man freylich in Ueberlegung ziehen.

§. 347.

Je mehr bewegliche Theile die Maschine enthält, desto größer ist auch die Summe der Reibung. Daher muß bey einer mehr zusammengesetzten Maschine die bewegende Kraft in einem größern Verhältnisse verstärkt werden, um die Last in Bewegung zu setzen oder sonst

einen Widerstand mit der Maschine zu überwältigen. Die Kraft selbst (ohne Rücksicht auf die Reibung) verringert man freylich, durch eine größere Zahl von Rädern und Getrieben, die in einander greifen (§. 46.); aber was man dadurch gewinnt, geht mit noch einem Ueberschusse durch die größere Summe von Reibung an den Zapfen und Zähnen wieder verloren.

Gesetzt, an einer aus zwey Rädern und Getrieben componirten Maschine ständen 50 Pfund Kraft mit 1000 Pfunden Last im Gleichgewicht und die Reibung betrüge 10 Pfund. Gesetzt ferner, man brächte noch ein drittes Rad und Getriebe an, durch welches der Kraft eine fünfmal größere Geschwindigkeit mitgetheilt würde; alsdann hätte man für die Reibung nicht 10, sondern $\frac{10}{5} = 2$ Pfund zu rechnen. Aber dies dritte Rad verursacht wieder eine neue Reibung, die besonders geschätzt, noch $\frac{1}{2}$ Pfund mehr erforderte, um in der Bewegung überwunden werden zu können. In der That ist jetzt die Friktion verhältnißmäßig stärker geworden, als vorhin bey den zwey Rädern. Weil nämlich das dritte Rad die erforderliche Kraft von 50 Pfund auf $\frac{50}{5} = 10$ Pfund herabbringt, so sind $2\frac{1}{2}$ Pfund Friktion gegen 10 Pfund Kraft mehr als 10 Pfund Friktion gegen 50 Pfund Kraft. — Man thut daher immer besser, die verlangte Wirkung durch die möglich einfachste Maschine hervorzubringen. Was z. B. ein Rad leistet, dazu braucht man keine zwey zu nehmen. Wenn man bey einem Flaschenzuge mit zwey beweglichen Rollen ausreicht, so braucht man keine drey zu nehmen; u. s. f.

daß ein gewisses Klemmen die Friktion sehr vermehrt, ist leicht einzusehen. Beym Auf- und Niederbewegen der Stampfer in Stampfmühlen zwischen den Scheidelatten, beym Auf- und Niedersteigen des Sägegatters in Sägemühlen zwischen den Nuthen der Gattersäulen ꝛc. kommt ein solches schädliches viele Kraft hinwegnehmendes Klemmen oft vor. Man sucht es gewöhnlich durch Schmieren zu verhüten. Sicherer entfernt man es durch angebrachte um ihre Achse laufende Röllchen oder Scheibchen, an denen die auf- und niedersteigenden Theile herausstreifen.

§. 348.

Wenn ein Rad, das in ein Getriebe greift, wenige Zähne hat, so ist die durch den Eingriff bewirkte Friktion grösser, als bey einem Rade von mehr Zähnen. Dort ist natürlich der Führungsbogen des Zahns (oder der Bogen, den der Zahn vom Anfange bis zum Ende seines Eingriffs beschreibt) grösser, wodurch die Summe der Reibung sich vermehrt und die Directionslinien des Eingriffs schiefer werden. Zu viele Zähne darf man dem Rade freylich auch nicht geben, weil sie sonst an ihrer Stärke leiden. Auf jeden Fall sind kürzere Zähne besser, als längere, weil sie nicht so leicht abbrechen und deswegen eine grössere Anzahl am Rade verstatten. Genau wälzend wird das Fortschieben der Zähne beym Eingriff, folglich die Friktion sehr verringert, wenn man ihnen für Kammräder die Gestalt der Cycloide, für Stirnräder die Gestalt der Epicycloide giebt.

Die Friktion bey Räderwerken wird auch desto geringer und die Bewegung desto leichter und sanfter; je grösser der Durchmesser der Räder und je kleiner die Schrift oder die Eintheilung der Zähne ist. Dies er-

giebt sich eigentlich schon aus obigem, weil Anzahl der Zähne und Durchmesser des Rades mit Berücksichtigung des eingreifenden Getriebes immer in einem Verhältniß stehen (§. 71.). Bey einem größern Rade haben auch die Zähne, wegen ihrer größern Entfernung vom Mittelpunkte (unter gleichen übrigen Umständen) weniger Druck auszustehen, folglich sind sie auch deswegen der Gefahr des Abbrechens und der schnellen Abnutzung weniger ausgesetzt, als die kleinern Räder, deren Zähne nähder an der Achse liegen. Auch muß die Einrichtung zwischen Zähnen und Triebstöcken so gemacht seyn, daß in dem Augenblicke, wo ein Zahn einen Triebstock verläßt, der folgende Zahn den folgenden Triebstock auch wieder zu ergreifen anfängt.

In den englischen Mühlwerken und überhaupt in den englischen Maschinen, welche ein gezahntes Räderwerk enthalten, sieht man jetzt keine kleine, schnell sich abnutzende Trillinge (von 5 oder 6 Triebstöcken) mehr; die kleinsten Getriebe (von Eisen oder Stahl) haben wenigstens 12 Triebstöcke.

II.

Der Widerstand der Luft.

§. 349.

Der Widerstand der Luft schwächt die Bewegung aller Maschinen; hauptsächlich bemerkt man dies bey denjenigen Maschinen, denen (wie den Uhren) keine große bewegende Kraft zu Gebote steht. Die bewegenden Theile einer Maschine müssen nämlich bey ihrer Bewegung die Luft vor sich hin und her oder zur Seite treiben und dieses raubt ihnen allerdings immer einige Kraft, und zwar um so mehr, je größer die Geschwin-

digkeit des bewegten Körpers und je größer derjenige Theil seiner Oberfläche ist, welcher sich der Luft entgegenbewegt.

Die Lufttheilchen, welche vor der sich gegen sie andrängenden Fläche des bewegenden Körpers liegen, widerstehen begreiflich der Bewegung des Körpers. So lange nun bey einerley Geschwindigkeit die Fläche des Körpers, welche sich der Luft entgegenbewegt, einerley Größe hat, so lange ist auch der Widerstand der Luft einerley (vorausgesetzt, daß auch die Dichtigkeit oder Elasticität der Luft selbst sich nicht merklich ändert). Natürlich werden dann immer gleich viele Lufttheile zur Seite getrieben. Wenn aber derselbe Körper mit derselben Fläche durch einen doppelt so großen Raum sich bewegt, so muß er nicht blos zweymal so viele Lufttheile, sondern auch jeden derselben zweymal so geschwind aus der Stelle bewegen. Daher nimmt der Widerstand der Luft bey bewegten Körpern (z. B. bey Maschinentheilen) eben so zu, wie das **Quadrat der Geschwindigkeit**. Er wird also bey doppelter Geschwindigkeit **viermal**, bey dreyfacher Geschwindigkeit **neunmal** etc. stärker seyn.

Der forttreibenden Luft selbst muß wieder die anliegende ausweichen und selbst dieses verstärkt den Verlust an Kraft noch ein wenig. Auch die Adhäsion der Lufttheilchen an dem festen Körper, welcher sie hinwegschiebt, muß beym Fortstoßen aufgehoben werden. Dies erzeugt wieder einigen Verlust an Kraft, wenn auch einen ganz unbedeutenden.

Uhrpendeln, die hin- und herschwingen, läßt man (wenigstens bey astronomischen Uhren) ganz kleine Bögen beschreiben, damit sie einen möglichst geringen Widerstand der Luft finden.

§. 350.

Je größer die bewegende Fläche eines Körpers ist, desto größer ist der Widerstand der Luft, welchen er erleidet. Bietet er der Luft bey einerley Geschwindigkeit die doppelte, dreyfache ꝛc. Fläche dar, so findet er auch den doppelten, dreyfachen ꝛc. Widerstand der Luft. Man muß daher die Fläche, womit ein bewegender Körper die Luft durchschneidet, so geringe wie möglich machen.

Wenn man an eine Welle, die horizontal zwischen einem Gestelle liegt, und mit ihren beyden Zapfen in Pfannen läuft, vier Flügel so befestigt, daß sie sich in der Welle drehen lassen, so kann man sich von der Schwächung der bewegenden Theile durch den Widerstand der Luft einen deutlichen Begriff machen. Dreht man die Flügel so, daß ihre Flächen gerade gegen die Luft stehen, und schnellt man mit einer gewissen Kraft die Welle um, so wird sie bis zum Stillstande nur wenige Umdrehungen machen. Stellt man die Flügel schief, so macht sie schon mehr Umdrehungen. Richtet man sie aber so, daß sie nur ihre schmalen Kanten der Luft darbieten, so ist die Anzahl der Umdrehungen der Welle, die man mit derselben Kraft herumgeschnellt hat, viel größer.

Den Pendeln in großen Uhren giebt man eine linsenförmige Gestalt, damit sie mit einer sehr geringen Fläche, nämlich der scharfen Kante der Linse, die Luft durchschneiden. Auch den Unruhen in Taschenuhren giebt man eine so schmale Kante, wie möglich; und damit dieses ohne Beeinträchtigung ihres erforderlichen Gewichts geschehen könne, so macht man sie von Gold oder Platin, dem specifisch schwersten Metalle.

Der Widerstand der Luft hat aber auch wieder manchen Nutzen bey Maschinen, z. B. bey den Windmühlen; beym Windfange der Schlaguhren zur Mäßigung der Geschwindigkeit des umlaufenden Räderwerks; bey Windrädern in Getraidereinigungsmaschinen, Grütz- und Graupenmühlen zum Hinwegwehen der Hülsen und anderer leichter Theile; bey den Wettermaschinen oder Luftwechselmaschinen ꝛc.

III.

Die Steifheit oder Straffheit der Seile.

§. 351.

Die Steifheit oder Straffheit der Seile (auch der Ketten), womit sie einer Kraft widerstehen, welche sie um Wellen, Rollen, Scheiben ꝛc. biegen will, ist eine bedeutende oft viele Kraft raubende Hindernißlast bey solchen Maschinen, welche zu ihrer Betreibung Seile nöthig haben. Die zum Biegen des Seils erforderliche Kraft muß desto stärker seyn, je mehr das Seil bey seiner Verfertigung zusammengedreht worden ist, je dicker es ist, je stärker es von einer Last gespannt wird und je kleiner der Durchmesser des Cylinders (der Welle, Rolle, Scheibe) ist, um den es sich krümmt.

Amontons, Desaguliers, Muſſchenbroek, van Swinden und einige andere Männer stellten über die Steifheit der Seile mehrere Versuche an. Sie fanden, daß die Straffheit trockener und gleich stark gedrehter Seile in geradem Verhältniß ihrer Dicke und der sie spannenden Lasten und im umgekehrten der Durchmesser der Cylinder stehe, um die sie gebogen werden. So wäre demnach bey Seilen, die noch einmal so dick,

noch einmal so stark gespannt und über einen halb so dicken Cylinder gebogen sind, als andere, die Steifigkeit achtmal größer; aber nur zweymal, wenn der Cylinder ebenfalls doppelt so dick ist. Dort wären die Verhältnisse

$$\begin{array}{l} 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ \underline{1 : 2} \; (= \tfrac{1}{2} : 1) \\ 1 : 2^3 = 1 : 8 \end{array}$$

Hier wären sie

$$\begin{array}{l} 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ \underline{2 : 1} \\ 2 : 2^2 = 2 : 4 = 1 : 2. \end{array}$$

Auch Coulombs Versuche stimmten hiermit in der Hauptsache überein.

§. 352.

Setzt man die Seils-Dicke = $\frac{1}{12}$ des Cylinder-Durchmessers, so ist, nach Amontons Versuchen, bey einer Spannung

von	100	Pfund	die	Straffheit	$4\frac{3}{4}$	Pfund
"	110	"	"	"	$5\frac{1}{8}$	"
"	120	"	"	"	$5\frac{5}{8}$	"
"	130	"	"	"	$6\frac{1}{8}$	"
"	140	"	"	"	$6\frac{5}{8}$	"
"	150	"	"	"	7	"
"	200	"	"	"	$9\frac{3}{8}$	"
"	300	"	"	"	$14\frac{1}{10}$	"

Diese Tafel kann man bey Haspeln anwenden. Sie setzt voraus, daß sich der Cylinder um eine bewegliche

Achse drehen läßt, d. h. um eine Achse, die ihre Lage unverändert beybehält. Für Göpel, bey welchen man dieselbe unbewegliche Achse annimmt, ist folgende Tafel brauchbarer, die sich aber auf eine Seilsdicke von $\frac{1}{72}$ des Cylinder-Durchmessers bezieht. Es ist da bey einer Spannung

von	8	Centnern	die Straffheit	$9\frac{1}{6}$	Pfund
„	9	„	„ „	10^{1}	„
„	10	„	„ „	$11\frac{1}{2}$	„
„	11	„	„ „	$12\frac{2}{3}$	„
„	12	„	„ „	$13\frac{5}{6}$	„
„	13	„	„ „	$15\frac{1}{6}$	„
„	14	„	„ „	$16\frac{1}{8}$	„
„	15	„	„ „	$17\frac{1}{3}$	„
„	16	„	„ „	$18\frac{1}{2}$	„

Bey gleich stark gedrehten trockenen Seilen ergab sich aus den Versuchen obiger Männer für den Straffheitswiderstand an Rollen, Flaschenzügen, Winden ꝛc. folgende Regel: Man drücke die Seilsdicke, sowie den Durchmesser des Cylinders, um welchen die Biegung geschieht, in Zollen aus, dividire jene Dicke durch diesen Durchmesser, multiplicire den gefundenen Quotienten mit der Anzahl Pfunde der spannenden Last und nehme von diesem Produkte drey Viertel. Setzt man jenen Widerstand $= Q$, die Seildicke $= a$, den Durchmesser des Cylinders $= d$, die Pfundezahl der spannenden Last $= p$; so ist

$$Q = \frac{3}{4}\left(\frac{a}{d} \cdot p\right).$$

Wäre z. B. $a = 1''$, $d = 20''$, $p = 2000$ Pfund; so erhielte man

$$Q = \frac{3}{4}\left(\frac{1}{20} \cdot 2000\right) = \frac{3}{4} \cdot \frac{2000}{20}$$

$$= \frac{3}{4} \cdot 100 = \frac{300}{4} = 75 \text{ Pfund.}$$

§. 353.

Das beste und für Maschinen, welche Seile nöthig haben, vortheilhafteste Seil ist dasjenige, welches bey einerley Stärke das geringste Gewicht hat, und am biegsamsten ist oder die geringste Steifheit besitzt. Dickere Seile sind nicht blos unbiegsamer, als dünnere, sondern ihr Gewicht ist auch größer, folglich belasten sie die Welle, Rolle, Scheibe ꝛc. mehr und verursachen also an den Zapfen eine stärkere Reibung. Das Seil zu einer Maschine sollte daher nie dicker seyn, als zur Erhaltung oder Hebung einer Last oder zur Ueberwindung irgend eines andern Widerstandes nöthig ist. Zu schwach darf es freylich auch nicht seyn. Man kann die erforderliche Stärke einigermaßen nach folgender Tafel, die aus den Versuchen des Muſſchenbroek entstand, beurtheilen:

Ein gut gearbeitetes Seil

dessen Durchmesser in Rheinl. Maaß betrug	zerriß von folgenden Pfunden, Cöln. Gewichts
6 Linien	190
8	330
10	540
12	750
16	1030
20	2080
24	3000

Dickere Seile von einerlei Material und auf einerley Art verfertigt, sind daher allerdings fester, als dünnere, und man kann hierbey als Regel annehmen: die Festigkeiten zweyer Seile verhalten sich beynahe wie die Quadrate der Durchmesser oder Peripherien ihrer Querschnitte, oder vielmehr der dünnsten Querschnitte, wenn ja die Seile nicht durchaus gleich dick seyn sollten.

Schon Dü Hamel und Musschenbroek machten die Bemerkung, daß jedes Seil am besten geräth, wenn es durch das Zusammenseilen der Litzen um $\frac{1}{5}$ kürzer wird. Wenn also die Litzen 500 Fuß lang sind, so muß das daraus verfertigte Seil eine Länge von 400 Fuß bekommen, vorausgesetzt, daß die Fäden gleichförmig dicht und fest gesponnen sind.

§. 354.

Je stärker die Seile gedreht werden und je gröber die Fäden sind, woraus man sie verfertigte, desto schwächer sind die Seile. Von zwey Seilen, die einerley Dicke besitzen, ist dasjenige das festeste, welches aus den feinsten Fäden zusammengedreht ist; und von zwey Seilen, die aus einerley Anzahl Litzen bestehen, ist auch dasjenige das festeste, welches am schwächsten zusammengedreht wurde. Dasselbe ist auch zugleich das biegsamste.

Schon Musschenbroek hat über die Stärke verschiedenartig verfertigter Seile sehr lehrreiche Versuche angestellt. Er fand, daß die gedrehten Seile eine geringere Festigkeit besaßen, als die wie ein Zopf geflochtenen; diese wieder eine geringere Stärke, als die ganz ungedrehten. Die letztern erhielt er auf eine sehr mühsame Weise dadurch, daß er um gerad-

linichte parallele Fäden andere Fäden so herumschlängelte, daß daraus ein cylinderförmiges Seil entstand. In der Folge ließ er das Seil bandförmig weben. Jeder von 9 parallelen Fäden, die er zu diesem Seile nahm, trug ein Gewicht von 20 Pfund; das ganze Seil hingegen trug 175 Pfund. Wie ein Zopf geflochten trugen dieselben 9 Fäden 170 Pfund, und auf Seilerart gedreht, nur 155 Pfund.

In der neuern Zeit webte man zu Stuttgart und zu Calw im Würtembergischen runde schlauchförmige Seile, welche sich durch Festigkeit und Biegsamkeit sehr auszeichneten. Diese bestanden aus geraden parallelen schwach gezwirnten Fäden, die ein Einschlagfaden umschlang und in ihrer geraden Richtung zu bleiben nöthigte. Ein einzelner Faden eines solchen Seils trug $3\frac{1}{2}$ Pfund. Ein Seilchen von $\frac{1}{8}$ Pariser Zoll im Durchmesser aus 54 jener Fäden gemacht, trug ein Gewicht von 213 Pfund, ohne zu zerreißen. Dieselben 54 Fäden wie ein Zopf geflochten trugen nur 171 Pfund, und nach Seilerart gedreht noch viel weniger. — Schade! daß diese gewebten Seile, welche so viele treffliche Eigenschaften besitzen, nicht allgemeiner in Gebrauch gekommen sind.

Die gewebten Seile haben, außer ihrer größern Biegsamkeit und Festigkeit bey einer gewissen Dicke, noch den Vortheil, daß sie wegen des freyen Durchzugs der Luft nicht so leicht faulen, und daß Feuchtigkeiten sie lange nicht so merklich in der Länge verändern, als andere Seile.

§. 355.

Dünne feuchte Seile haben mehr Biegsamkeit, als trockene; dicke hingegen weniger. Letzteres kommt

ohnstreitig von der ungleichen Spannung der Fasern, weil die Feuchtigkeit nicht gleichförmig bis in die Mitte des dicken Seils eindringen kann. Aus demselben Grunde sind auch wohl dicke getheerte Seile unbiegsamer als ungetheerte. Getheerte Seile sind auch nicht so haltbar als ungetheerte, obgleich sie freylich immer noch haltbarer sind, als wenn ungetheerte Seile abwechselnd der Nässe und Trockenheit ausgesetzt werden. Im Winter bey Frostwetter soll die Unbiegsamkeit getheerter Seile, vornehmlich bey dickern $\frac{1}{6}$ größer seyn, als im Sommer. — Graue Seile sind immer dauerhafter als weiße, die einen gewissen Grad von Bleiche erhalten haben.

Durch das Befeuchten der Seile kann man sich beym Emporziehen schwerer Lasten zuweilen einen Vortheil verschaffen, wenn die Seile dem Zuge nicht mehr nachgeben wollen. Wenn nämlich die Seile an den Maschinen so weit angezogen sind, daß man dadurch zur Bewegung der Last nichts mehr gewinnen kann, obgleich der Last nur noch wenige Zolle an der zu erreichenden Höhe fehlen, so ziehen sie sich durch die Befeuchtung so viel, daß die Last noch an die verlangte Stelle zu bringen ist.

IV.

Noch einiges Allgemeine über die Hindernißlast.

§. 356.

Bey größeren Maschinen pflegt man den Widerstand der Luft als unbedeutend zur Seite zu setzen, wenn man die Hindernißlast bestimmt. Man bleibt also nur bey der Friktion und bey der Steifigkeit der Seile stehen. So findet man z. B. bey einem Haspel die Hin-

dernißlast, wenn man die Friktion der Zapfen in den Pfadeisen (oder Lagern) und der Kübel oder Tonnen auf dem Tonnenfache, sowie die Steifigkeit des vollen und leeren Seiltrums beym Auf- und Abwickeln auf dem Rundbaume und bey seinem Gange über Scheiben und Walzen bestimmt und auf den Punkt der Last oder leidenden Punkt (den Punkt, wo die Hauptlast zur Umdrehung des Rundbaums wirkt) reducirt. So erhält man bey einem Pferdegöpel die Hindernißlast aus der Friktion der stehenden Welle am untern und obern Zapfen, der Seilscheiben an ihren Zapfen, der Tonnen an ihren Straßbäumen und aus der Steifigkeit der beyden Seiltrümer, sowohl, wenn sie sich am Korbe auf- und abwickeln, als auch, wenn sie über Scheiben und Walzen gelegt wirken; versteht sich, alles wieder auf den Punkt der Last reducirt.

Oft besteht die Hindernißlast blos aus der Friktion. So besteht sie bey einem Kunstgezeuge aus der Reibung der Kolben und übrigen beweglichen Theile, vornehmlich der Zapfen des Kunstrades und der Gestängzapfen, um welche sich das Gestänge hin und her schwingt. Wenn das Gestänge auf der einen Seite schwerer als auf der andern ist, eben so, wenn das Rad auf der einen Seite schwerer, als auf der andern ist, und wenn die Pumpenstangen nicht recht senkrecht auf- und niedersteigen, so entsteht dadurch eine schädliche Reibung. Bey der Mahlmühle macht die Reibung aller Wellzapfen und aller Zähne beym Eingriff die Hindernißlast aus. Dazu rechnet man noch den Widerstand, den der Läufer bey der Zermalmung

des Getraides findet, und den Belidor im Allgemeinen zu $\frac{1}{37}$ des Läufergewichts annimmt. Bey einem Stampfwerke macht ebenfalls die Reibung des gangbaren Zeugs die Hindernißlast aus; u. s. w.

Außer Leupolds, Belidors, Mönnichs, Kästners, Klügels, Bossüts, Lempe's, Langsdorfs bekannten mechanischen Werken und meiner Encyclopädie des Maschinenwesens, Th. II. V, VI. Art. Friktion, Widerstand der Luft, Seile und Steifigkeit der Seile, führe ich über die Hindernißlast noch folgende Schriften an.

P. van Musschenbroek, introductio ad philosophiam naturalem. Tom. I. Lugd. Bat. 1762. 4. Cap. IX.

K. Fitzgerald's method of lessening quantity of Friction in Engines, in den Philosophical Transactions Vol. LIII. for 1763. S. 139 f.

Lambert sur le frottement; in den Nouv. Mémoires de l'Acad. de Berlin. 1772. S. 9 f.

Coulomb, sur la Théorie des Machines simples en ayant regard au frottement de leur parties et à la roideur des cordages; in Rozier's Journal de Physique 1785. Sept.

Teoria e Pratica delle resistenze de' solidi ne' loro Attriti dall L. Ximenes. Pisa 1782. 4.

J. H. van Swinden Positiones physicae. Harder. Getr. 1786. 8. Tom. I.

S. Vince, on the motion of bodies affectet by friction; in den Philosophical Transactions of the society at London. Vol. LXXV. for 1785. S. 165 f.

Berechnung der Friktion eines Pferdegöpels; in J. F. Lempe's Magazin für die Bergbaukunde. Th. II. Dresden 1786. 8. S. 139 f.

M. Metternich, vom Widerstande der Reibung; eine von der Fürstl. Jablonowskyschen Gesellschaft der Wissensch. zu Leipzig gekrönte Preisschrift. Frankfurt u. Mainz 1789. 8.

M. Metternich, über die Straffheit der Seile; ein Anhang zu seinem Buche: von dem Widerstande der Reibung. Frankfurt u. Mainz 1789. 8.

W. G. Rappolt, über die Stärke rund gewobener Seile, wie sie, nach Musschenbroekschen Grundsätzen, auf dem Bühlhof bey Calw verfertigt werden. Tübingen 1795. 8.

Fussells and Douglafs, apparatus for lessening Friction; im Repertory of Arts and Manufactures. Vol. XII. London 1800. 8. S. 330 f.

J. H. M. Poppe, praktische Abhandlung über die Lehre von der Reibung, in Hinsicht auf das Maschinenwesen. Göttingen 1801. 8.

Register.

A.

Seite

Seite

G.

Seite

Seite

L.

N.

O.

P.

R.

Seite

Seite

Seite

T.

Seite

In der Ostermesse 1821 sind beim Verleger dieses Buches noch folgende Schriften erschienen und in allen Buchhandlungen Deutschlands zu haben:

Sigwart, H. C. W., Antwort auf die Recension meines Hand-buches der theoretischen Philosophie, in der allgemeinen Je-naischen Literatur-Zeitung October 1820. No. 183. gr. 8. 18 Kr.

Steudel, Dr. J. C. F., Ruf zu Jesu, zu dessen Bekenntniß und Nachfolge. In einigen Vorträgen, vor der Gemeinde Tübingens gehalten. gr. 8. 27 Kr.

Im Laufe dieses Jahres wird noch erscheinen:

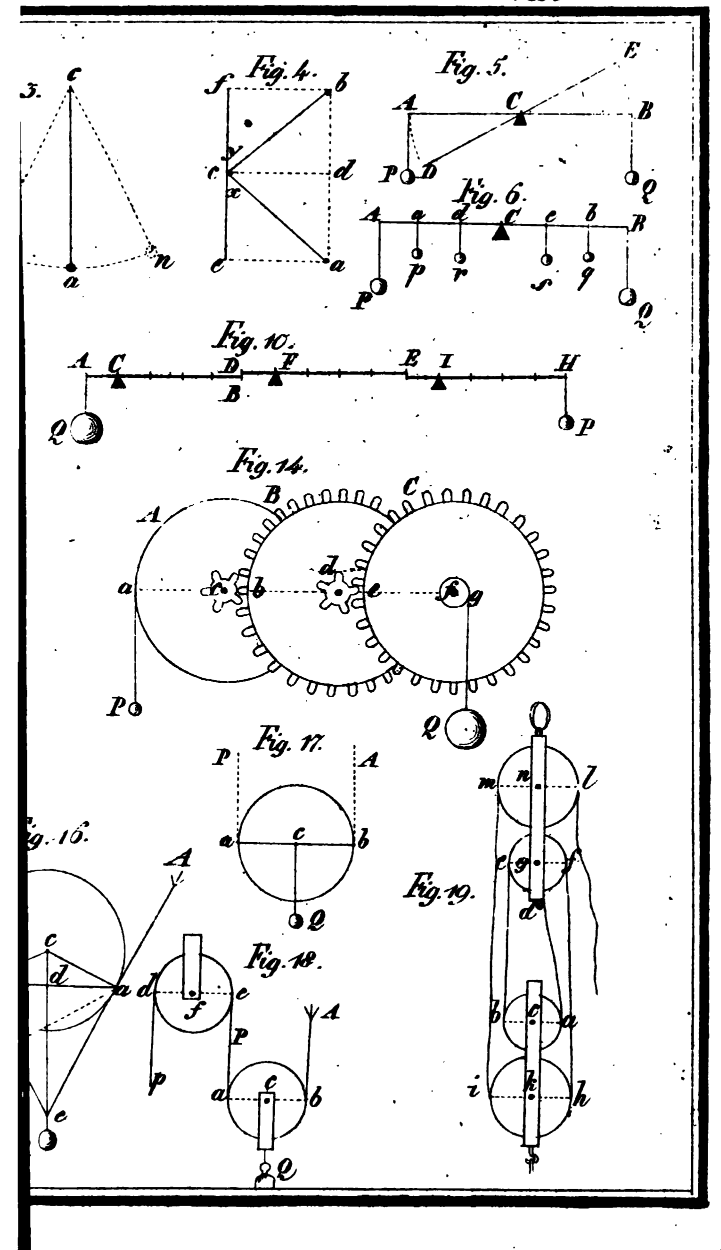
Bengel's, D. E. G., Archiv für die Theologie und ihre neuste Literatur. Vr Bd. gr. 8. 6 fl.

Osiander's, Hofr. F. B., Handbuch der Entbindungskunst. 2r Bd. 2te Abthlg. gr. 8.

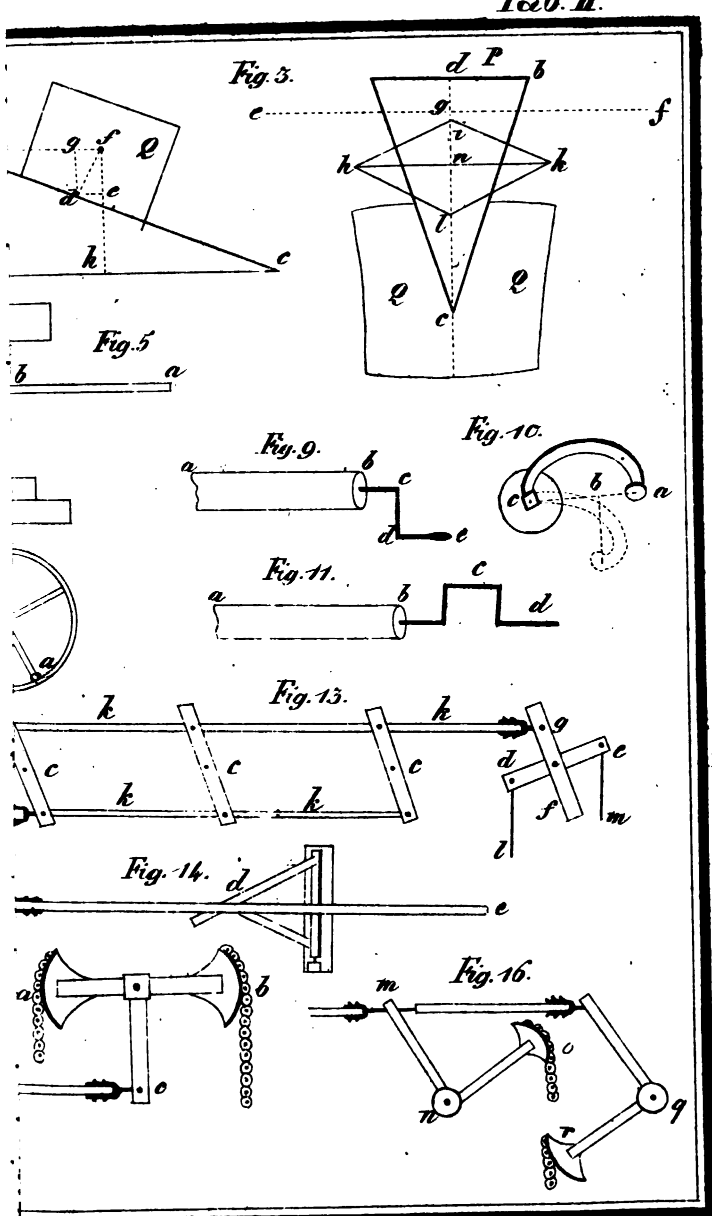
Derselbe über die Entwickelungskrankheiten in den Blütenjahren des weiblichen Geschlechts. 2r Theil von der medicinischen und psychologischen Behandlung dieser Krankheiten. 2te ver-beß. u. verm. Aufl. gr. 8.

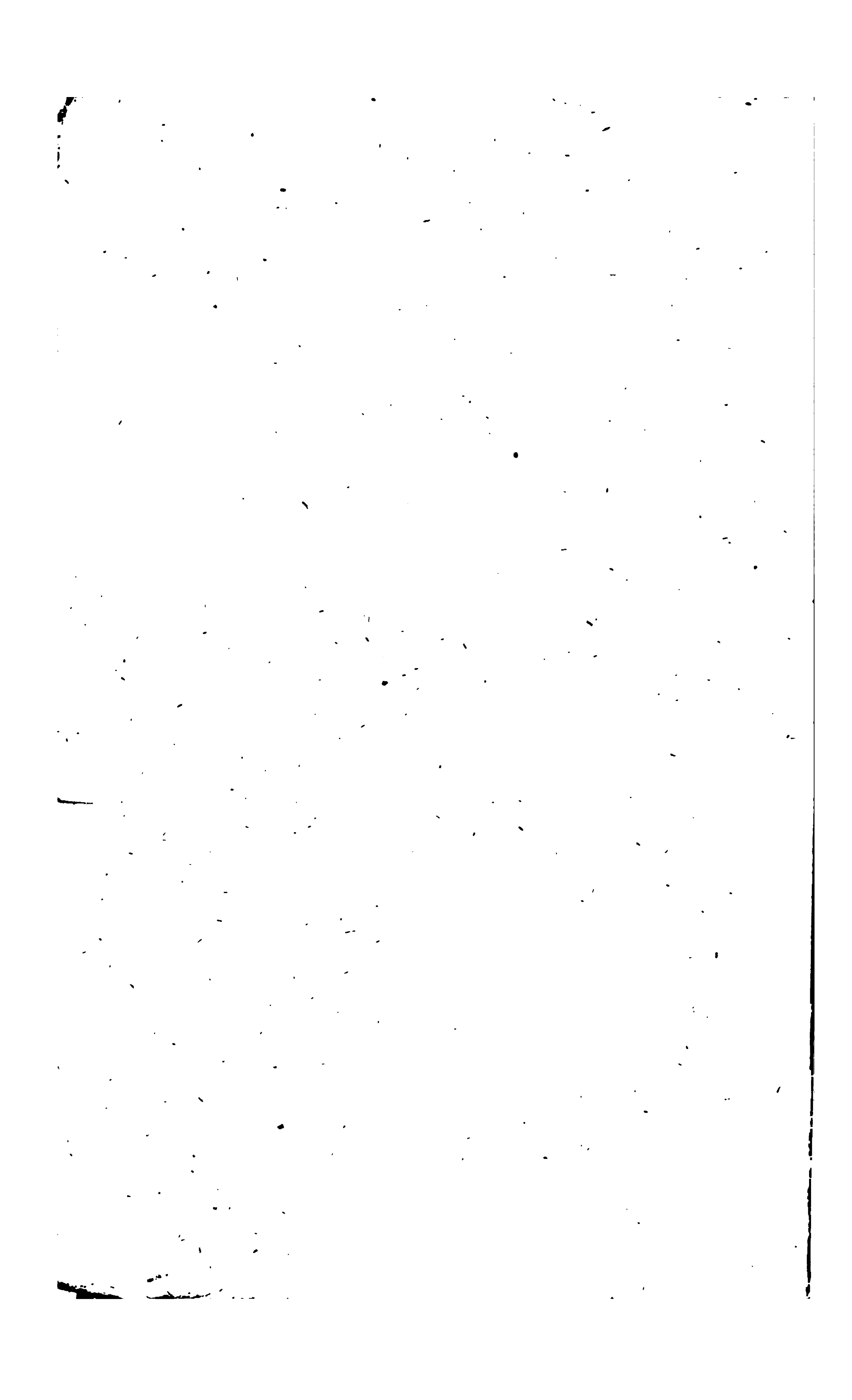
Beschreibung und Geschichte der Stadt u. Universität Tübin-gen, herausgegeb. in Verbindung mit mehreren Gelehrten von Dr. J. F. Eisenbach, Privatd. der würtemb. Geschichte. Mit einigen Ansichten und einer Charte. 8.

Tab. I.



Tab. II.





Tab. III.

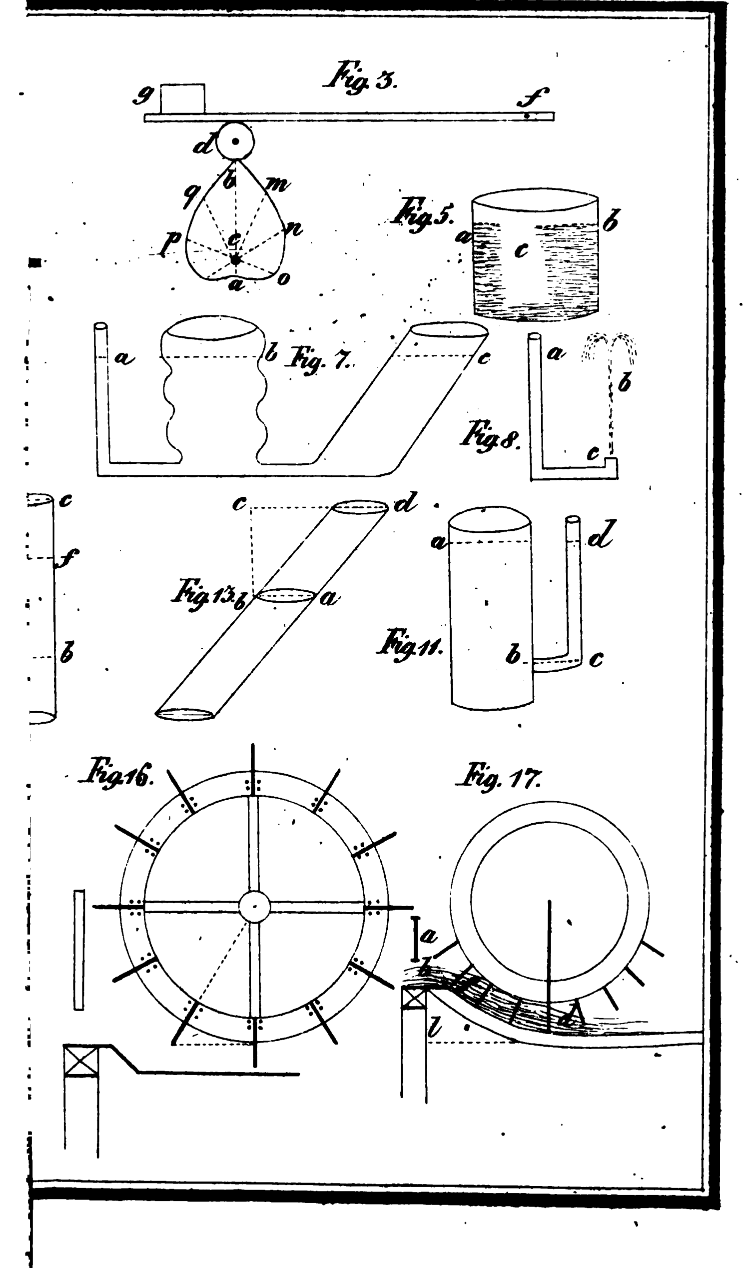
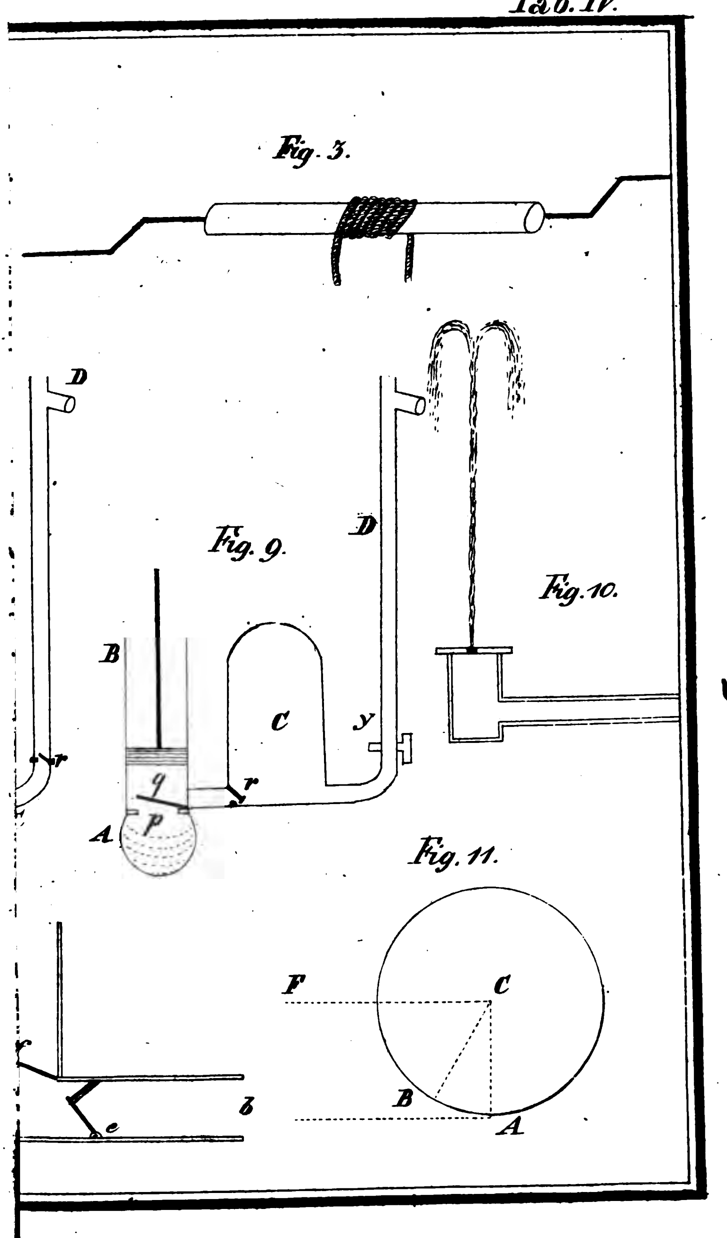
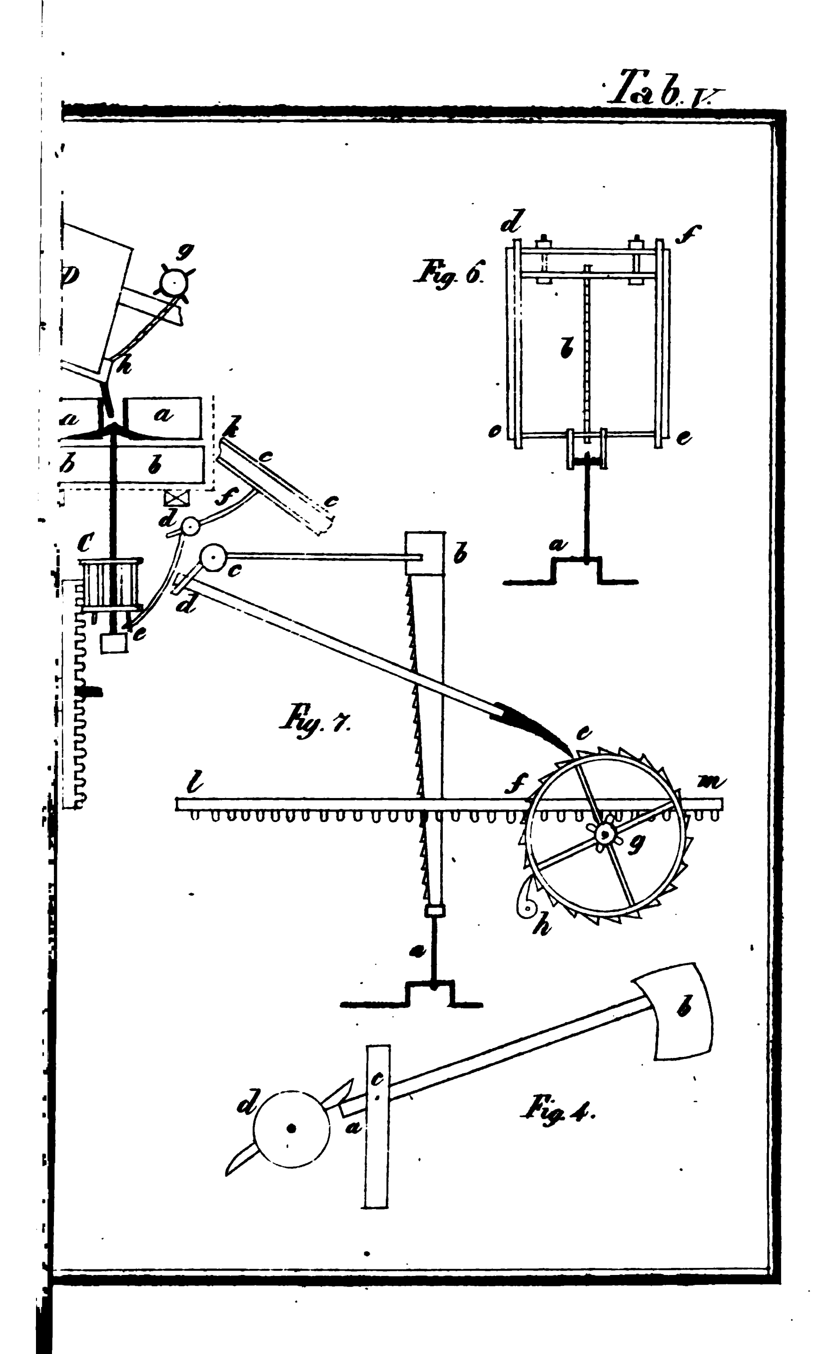


Fig. 3.
g
f
d
b
m
q
n
c
p
a
o
Fig. 5.
a
b
c
a
b
Fig. 7.
c
a
b
Fig. 8.
c
c
d
c
f
Fig. 13.
b
a
a
d
b
Fig. 11.
b
c
Fig. 16.
Fig. 17.
a
b
l

Tab. IV.



Tab. V.



Tab. VI.

